

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА ИМЕНИ К. А. ТИМИРЯЗЕВА  
ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ ИМЕНИ В. П. ГОРЯЧКИНА  
КАФЕДРА ТРАКТОРОВ И АВТОМОБИЛЕЙ

Семинар

**ЧТЕНИЯ  
АКАДЕМИКА  
В. Н. БОЛТИНСКОГО**

Сборник статей

Москва  
ООО «Сам Полиграфист»  
2023

УДК378.4:001:63(092)

ББК 74.48

4 77

**Под редакцией:**

**Трухачева Владимира Ивановича** - академика Российской академии наук, доктора сельскохозяйственных наук, доктора экономических наук, профессора, ректора Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева»;

**Дидманидзе Отари Назировича** - академика Российской академии наук, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой тракторов и автомобилей Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева»

**Ч 77 Чтения академика В. Н. Болтянского:**

сборник статей / Семинар (Москва, 25-26 января 2023 года); под ред. В. И. Трухачева, О. Н. Дидманидзе. - М. : ООО «Сам Полиграфист», 2023. - 272 с.

ISBN 978-5-00166-965-4

ISBN 978-5-00166-967-8 (общий)

В сборнике представлены результаты актуальных научных исследований ученых, докторантов, преподавателей и аспирантов по результатам проведенного постоянно действующего семинара «**Чтения академика В. Н. Болтянского**», который состоялся 25-26 января 2023 года.

Сборник предназначен для научных сотрудников и преподавателей высших учебных заведений. Может использоваться в учебном процессе, в том числе в процессе обучения аспирантов, подготовки магистров и бакалавров в целях углубленного рассмотрения соответствующих проблем.

Все статьи сборника прошли рецензирование, сохраняют авторскую редакцию, всю ответственность за содержание несут авторы.

УДК378.4:001:63(092)

ISBN 978-5-00166-965-4

ISBN 978-5-00166-967-8 (общий)

© ООО «Сам Полиграфист»,

ББК 74.48

2023

## СОДЕРЖАНИЕ

*Г. Я. Красников, О. Н. Дидманидзе, П. В. Сиротин,  
Е. П. Парлюк*

ЧТЕНИЯ.....	1
АКАДЕМИКА.....	1
В. Н. БОЛТИНСКОГО .....	1
СОДЕРЖАНИЕ.....	3
G. J. Krasnikov <sup>3</sup> , O. N. Didmanidze <sup>b</sup> , P. V. Sirotin <sup>c</sup> , E. P. Parlyuk <sup>b</sup> .....	23
Введение .....	24
Выводы .....	41
В. И. Трухачев <sup>1</sup> , И. Н. Косов <sup>2</sup> .....	46
V. I. Trukhachev <sup>a</sup> , P. N. Kosov <sup>b</sup> .....	46
С. А. Серебряков, Н. Л. Анисимов, М. И. Дмитриев .	53
S. A. Serebryakov, N. L. Anisimov, M. I. Dmitriev .....	53
А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. О. Олейник .....	59
A. V. Shemyakin, S. N. Borychev, D. O. Oleinik.....	59
Б. Г. Зиганшин <sup>1</sup> , Н. Н. Фахреев <sup>2</sup> .....	64
B. G. Ziganshin <sup>3</sup> , N. N. Fakhreev <sup>b</sup> .....	64
В. А. Крючков <sup>1</sup> , М. И. Дмитриев <sup>2</sup> .....	69
V. A. Kryuchkov <sup>a</sup> , M. I. Dmitriev <sup>b</sup> .....	69
Н. В. Алдошин .....	75
N. V. Aldoshin .....	75
В. В. Шаров .....	80
V. V. Sharov.....	80
А. С. Дорохов <sup>1</sup> , А. В. Сибирёв <sup>2</sup> , А. В. Бугаев <sup>3</sup> .....	86
A. S. Dorokhov <sup>a</sup> , A.V. Sibirev <sup>b</sup> , A. V. Bugaev <sup>c</sup> .....	86
Д. В. Варнаков <sup>1</sup> , А. В. Бугаев <sup>2</sup> , А. Н. Юденичев <sup>3</sup> .....	92

A. B. Келлер <sup>1</sup> , A. B. Попов <sup>2</sup> , С. В. Ушнурцев <sup>3</sup> .....	99
A. V. Keller <sup>a</sup> , A. V. Popov <sup>b</sup> , S. V. Ushnurtsev <sup>c</sup> .....	99
A.V. Negovora <sup>a</sup> , I. R. Isanberdin <sup>a</sup> , .....	104
- -> .....	107
Д. В. Варнаков <sup>1</sup> , А. Н. Юденичев <sup>2</sup> , А. В. Бугаев <sup>3</sup> .....	112
Е. А. Варнакова <sup>1</sup> , О. Н. Дидманидзе <sup>2</sup> , Д. В. Варнаков <sup>1</sup>	119
E. A. Varnakova <sup>3</sup> , O. N. Didmanidze <sup>b</sup> , D. V. Varnakov <sup>3</sup>	119
М. М. Разяпов, Ш. Ф. Нигматуллин, Р. Ф. Самиков	127
M. M. Razyapov, S. F. Nigmatullin, R. F. Samikov ...	127
Yu. V. Kataev, V. S. Gerasimov, I. A. Tishaninov, E. A. Gradov .....	132
ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	139
OPTIMIZATION OF THE WORKING PROCESS OF SLIDING BEARINGS MADE OF COMPOSITE MATERIALS .....	139
О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова .....	154
O. A. Leonov, G. N. Temasova, Yu. G. Vergazova .....	154
Г. Н. Темасова .....	160
G. N. Temasova .....	160
Н. Л. Зайцева, Н. В. Алдошин, Н. Ю. Рябова .....	172
N. L. Zaitseva, N. V. Aldoshin, N. Yu. Ryabova .....	172
Н. Л. Зайцева, Н. В. Алдошин, Н. Ю. Рябова .....	178
N. L. Zaitseva, N. V. Aldoshin, N. Yu. Ryabova .....	178
Е. А. Улюкина <sup>1</sup> , А. В. Орешенков <sup>2</sup> , Ф. Е. Шарыкин <sup>2</sup> ..	184
E. A. Ulyukina <sup>a</sup> , A. V. Oreshenkov <sup>b</sup> , F. E. Sharykin <sup>b</sup> .....	184

В. И. Пляка, С. П. Казанцев.....	190
V. I. Plyaka, S. P. Kazancev .....	190
А. С. Шкель .....	196
A. S. Shkel .....	196
М. Ю. Конкин .....	203
M. Yu. Konkin.....	203
В. И. Пляка, С. М. Каткова, В. М. Катков.....	209
V. I. Plyaka, S. M. Katkova, V. M. Katkov.....	209
А. М. Пикина .....	214
A. M. Pikina .....	214
Т. И. Валькова, А. М. Пикина, А. К. Шустова .....	220
T. I. Balkova, A. M. Pikina, A. K. Shustova.....	220
И. А. Посунько .....	226
I. A. Posunko .....	226
Технологический процесс консервации ТС при хранении в помещении. ....	229
Технологический процесс консервации ТС при хранении на открытой площадке. ....	230
Н. И. Владимирова, А. С. Апатенко .....	234
N. I. Vladimirova, A. S. Apatenko .....	234
А. Ю. Фомин, Э. Н. Халилов, А. В. Лапаев .....	239
A. Yu. Fomin, E. N. Khalilov, A. V. Lapaev.....	239
Д. В. Анашин.....	245
D. V. Anashin .....	245
А. Л. Арутюнов.....	252
A. L. Arutyunov .....	252
А. А. Андреев, Е. А. Улюкина, С. К. Тойгамбаев, С. С. Гусев .....	256

USE OF POLYMERS IN CAR WASH .....	256
П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова.....	264
P. V. Golenitsky, U. Y. Antonova.....	264
И. В. Голиницкий, Э. И. Черкасова, У. Ю. Антонова .	269
P. V. Golinitzky, E. I. Cherkasova, U. Y. Antonova .....	269
FOR AGRICULTURE.....	275
A. С. Апатенко, И. И. Руденко .....	281
A. S. Apatenko, I. I. Rudenko .....	281

*А. В. Неговора, И. Р. Исанбердин, Т. Р. Башаров,  
С. К. Корабельников*

ЧТЕНИЯ.....	1
АКАДЕМИКА.....	1
В. Н. БОЛТИНСКОГО .....	1
СОДЕРЖАНИЕ.....	3
G. J. Krasnikov <sup>3</sup> , O. N. Didmanidze <sup>b</sup> , P. V. Sirotin <sup>c</sup> , E. P. Parlyuk <sup>b</sup> .....	23
Введение .....	24
Выводы .....	41
В. И. Трухачев <sup>1</sup> , И. Н. Косов <sup>2</sup> .....	46
V. I. Trukhachev <sup>a</sup> , P. N. Kosov <sup>b</sup> .....	46
С. А. Серебряков, Н. Л. Анисимов, М. И. Дмитриев 53	
S. A. Serebryakov, N. L. Anisimov, M. I. Dmitriev .....	53
А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. О. Олейник .....	59
A. V. Shemyakin, S. N. Borychev, D. O. Oleinik .....	59
Б. Г. Зиганшин <sup>1</sup> , Н. Н. Фахреев <sup>2</sup> .....	64
B. G. Ziganshin <sup>3</sup> , N. N. Fakhreev <sup>b</sup> .....	64

В. А. Крючков <sup>1</sup> , М. И. Дмитриев <sup>2</sup> .....	69
V. A. Kryuchkov <sup>a</sup> , M. I. Dmitriev <sup>b</sup> .....	69
Н. В. Алдошин .....	75
N. V. Aldoshin .....	75
В. В. Шаров .....	80
V. V. Sharov .....	80
А. С. Дорохов <sup>1</sup> , А. В. Сибирёв <sup>2</sup> , А. В. Бугаев <sup>3</sup> .....	86
A. S. Dorokhov <sup>a</sup> , A. V. Sibirev <sup>b</sup> , A. V. Bugaev <sup>c</sup> .....	86
Д. В. Варнаков <sup>1</sup> , А. В. Бугаев <sup>2</sup> , А. Н. Юденичев <sup>3</sup> .....	92
А. В. Келлер <sup>1</sup> , А. В. Попов <sup>2</sup> , С. В. Ушнурцев <sup>3</sup> .....	99
A. V. Keller <sup>a</sup> , A. V. Popov <sup>b</sup> , S. V. Ushnurtsev <sup>c</sup> .....	99
A. V. Negovora <sup>a</sup> , I. R. Isanberdin <sup>a</sup> , .....	104
-> .....	107
Д. В. Варнаков <sup>1</sup> , А. Н. Юденичев <sup>2</sup> , А. В. Бугаев <sup>3</sup> .....	112
Е. А. Варнакова <sup>1</sup> , О. Н. Дидманидзе <sup>2</sup> , Д. В. Варнаков <sup>1</sup> .....	119
E. A. Varnakova <sup>3</sup> , O. N. Didmanidze <sup>b</sup> , D. V. Varnakov <sup>3</sup> .....	119
М. М. Разяпов, Ш. Ф. Нигматуллин, Р. Ф. Самиков 127	
M. M. Razyapov, S. F. Nigmatullin, R. F. Samikov ...	127
Yu. V. Kataev, V. S. Gerasimov, I. A. Tishaninov, E. A. Gradov .....	132
ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	139
OPTIMIZATION OF THE WORKING PROCESS OF SLIDING BEARINGS MADE OF COMPOSITE MATERIALS .....	139
О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова ....	154

O. A. Leonov, G. N. Temasova, Yu. G. Vergazova .....	154
Г. Н. Темасова .....	160
G. N. Temasova .....	160
Н. Л. Зайцева, Н. В. Алдошин, Н. Ю. Рябова .....	172
N. L. Zaitseva, N. V. Aldoshin, N. Yu. Ryabova .....	172
Н. Л. Зайцева, Н. В. Алдошин, Н. Ю. Рябова .....	178
N. L. Zaitseva, N. V. Aldoshin, N. Yu. Ryabova .....	178
Е. А. Улюкина <sup>1</sup> , А. В. Орешенков <sup>2</sup> , Ф. Е. Шарыкин <sup>2</sup> ..	184
E. A. Ulyukina <sup>a</sup> , A. V. Oreshenkov <sup>b</sup> , F. E. Sharykin <sup>b</sup> .....	184
В. И. Пляка, С. П. Казанцев .....	190
V. I. Plyaka, S. P. Kazancev .....	190
А. С. Шкель .....	196
A. S. Shkel .....	196
М. Ю. Конкин .....	203
M. Yu. Konkin .....	203
В. И. Пляка, С. М. Каткова, В. М. Катков .....	209
V. I. Plyaka, S. M. Katkova, V. M. Katkov .....	209
А. М. Пикина .....	214
A. M. Pikina .....	214
Т. И. Валькова, А. М. Пикина, А. К. Шустова .....	220
T. I. Balkova, A. M. Pikina, A. K. Shustova .....	220
И. А. Посунько .....	226
I. A. Posunko .....	226
Технологический процесс консервации ТС при хранении в помещении. ....	229
Технологический процесс консервации ТС при хранении на открытой площадке. ....	230



Н. И. Владимирова, А. С. Апатенко .....	234
N. I. Vladimirova, A. S. Apatenko .....	234
А. Ю. Фомин, Э. Н. Халилов, А. В. Лапаев .....	239
A. Yu. Fomin, E. N. Khalilov, A. V. Lapaev.....	239
Д. В. Анашин.....	245
D. V. Anashin .....	245
А. Л. Арутюнов.....	252
A. L. Arutyunov .....	252
А. А. Андреев, Е. А. Улюкина, С. К. Тойгамбаев, С. С. Гусев .....	256
USE OF POLYMERS IN CAR WASH .....	256
П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова.....	264
P. V. Golenitsky, U. Y. Antonova .....	264
И. В. Голиницкий, Э. И. Черкасова, У. Ю. Антонова .....	269
P. V. Golinitzky, E. I. Cherkasova, U. Y. Antonova .....	269
FOR AGRICULTURE.....	275
А. С. Апатенко, И. И. Руденко .....	281
A. S. Apatenko, I. I. Rudenko .....	281

*А. В. Капустин, А. М. Жданов, В. Л. Чумаков, С. Н. Девянин,  
А. В. Бижаев*

Прогнозирование детонации по задержкам самовоспламенения топлива 131

*О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова*

ЧТЕНИЯ..... 1

АКАДЕМИКА..... 1

В. Н. БОЛТИНСКОГО .....

СОДЕРЖАНИЕ..... 3

G. J. Krasnikov<sup>3</sup>, O. N. Didmanidze<sup>b</sup>, P. V. Sirotin<sup>c</sup>, E.

P. Parlyuk <sup>b</sup> .....	23
Введение .....	24
Выводы .....	41
В. И. Трухачев <sup>1</sup> , И. Н. Косов <sup>2</sup> .....	46
V. I. Trukhachev <sup>a</sup> , P. N. Kosov <sup>b</sup> .....	46
С. А. Серебряков, Н. Л. Анисимов, М. И. Дмитриев 53	
S. A. Serebryakov, N. L. Anisimov, M. I. Dmitriev .....	53
А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. О. Олейник .....	59
A. V. Shemyakin, S. N. Borychev, D. O. Oleinik .....	59
Б. Г. Зиганшин <sup>1</sup> , Н. Н. Фахреев <sup>2</sup> .....	64
B. G. Ziganshin <sup>3</sup> , N. N. Fakhreev <sup>b</sup> .....	64
В. А. Крючков <sup>1</sup> , М. И. Дмитриев <sup>2</sup> .....	69
V. A. Kryuchkov <sup>a</sup> , M. I. Dmitriev <sup>b</sup> .....	69
Н. В. Алдошин .....	75
N. V. Aldoshin .....	75
В. В. Шаров .....	80
V. V. Sharov .....	80
А. С. Дорохов <sup>1</sup> , А. В. Сибирёв <sup>2</sup> , А. В. Бугаев <sup>3</sup> .....	86
A. S. Dorokhov <sup>a</sup> , A.V. Sibirev <sup>b</sup> , A. V. Bugaev <sup>c</sup> .....	86
Д. В. Варнаков <sup>1</sup> , А. В. Бугаев <sup>2</sup> , А. Н. Юденичев <sup>3</sup> .....	92
А. В. Келлер <sup>1</sup> , А. В. Попов <sup>2</sup> , С. В. Ушнурцев <sup>3</sup> .....	99
A. V. Keller <sup>a</sup> , A. V. Popov <sup>b</sup> , S. V. Ushnurtsev <sup>c</sup> .....	99
A.V. Negovora <sup>a</sup> , I. R. Isanberdin <sup>a</sup> , .....	104
-> .....	107
Д. В. Варнаков <sup>1</sup> , А. Н. Юденичев <sup>2</sup> , А. В. Бугаев <sup>3</sup> .....	112
Е. А. Варнакова <sup>1</sup> , О. Н. Дидманидзе <sup>2</sup> , Д. В.	

Варнаков <sup>1</sup> .....	119
E. A. Varnakova <sup>3</sup> , O. N. Didmanidze <sup>b</sup> , D. V. Varnakov <sup>3</sup>	119
М. М. Разяпов, Ш. Ф. Нигматуллин, Р. Ф. Самиков 127	
M. M. Razyapov, S. F. Nigmatullin, R. F. Samikov ...	127
Yu. V. Kataev, V. S. Gerasimov, I. A. Tishaninov, E. A. Gradov .....	132
ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПОДШИПНИ-КОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	139
OPTIMIZATION OF THE WORKING PROCESS OF SLIDING BEARINGS MADE OF COMPOSITE MATERIALS.....	139
О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова ....	154
O. A. Leonov, G. N. Temasova, Yu. G. Vergazova .....	154
Г. Н. Темасова .....	160
G. N. Temasova .....	160
Н. Л. Зайцева, Н. В. Алдошин, Н. Ю. Рябова .....	172
N. L. Zaitseva, N. V. Aldoshin, N. Yu. Ryabova .....	172
Н. Л. Зайцева, Н. В. Алдошин, Н. Ю. Рябова .....	178
N. L. Zaitseva, N. V. Aldoshin, N. Yu. Ryabova .....	178
Е. А. Улюкина <sup>1</sup> , А. В. Орешенков <sup>2</sup> , Ф. Е. Шарыкин <sup>2</sup> ..	184
E. A. Ulyukina <sup>a</sup> , A. V. Oreshenkov <sup>b</sup> , F. E. Sharykin <sup>b</sup> .....	184
В. И. Пляка, С. П. Казанцев.....	190
V. I. Plyaka, S. P. Kazancev .....	190
А. С. Шкель .....	196
A. S. Shkel .....	196
М. Ю. Конкин .....	203

М. Yu. Konkin.....	203
В. И. Пляка, С. М. Каткова, В. М. Катков.....	209
V. I. Plyaka, S. M. Katkova, V. M. Katkov.....	209
А. М. Пикина .....	214
A. M. Pikina.....	214
Т. И. Валькова, А. М. Пикина, А. К. Шустова .....	220
T. I. Balkova, A. M. Pikina, A. K. Shustova.....	220
И. А. Посунько .....	226
I. A. Posunko .....	226
Технологический процесс консервации ТС при хранении в помещении.....	229
Технологический процесс консервации ТС при хранении на открытой площадке.....	230
Н. И. Владимирова, А. С. Апатенко .....	234
N. I. Vladimirova, A. S. Apatenko .....	234
А. Ю. Фомин, Э. Н. Халилов, А. В. Лапаев .....	239
A. Yu. Fomin, E. N. Khalilov, A. V. Lapaev.....	239
Д. В. Анашин.....	245
D. V. Anashin .....	245
А. Л. Арутюнов.....	252
A. L. Arutyunov .....	252
А. А. Андреев, Е. А. Улюкина, С. К. Тойгамбаев, С. С. Гусев .....	256
USE OF POLYMERS IN CAR WASH.....	256
П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова.....	264
P. V. Golenitsky, U. Y. Antonova .....	264
И. В. Голиницкий, Э. И. Черкасова, У. Ю. Антонова.....	269
P. V. Golinitzky, E. I. Cherkasova, U. Y. Antonova .....	269

FOR AGRICULTURE.....	275
A. С. Апатенко, И. И. Руденко .....	281
A. S. Apatenko, I. I. Rudenko .....	281
<i>Н. Л. Зайцева, Н. В. Алдошин, Н. Ю. Рябова</i>	
ЧТЕНИЯ.....	1
АКАДЕМИКА.....	1
В. Н. БОЛТИНСКОГО .....	1
СОДЕРЖАНИЕ.....	3
G. J. Krasnikov <sup>3</sup> , O. N. Didmanidze <sup>b</sup> , P. V. Sirotin <sup>c</sup> , E. P. Parlyuk <sup>b</sup> .....	23
Введение .....	24
Выводы .....	41
В. И. Трухачев <sup>1</sup> , И. Н. Косов <sup>2</sup> .....	46
V. I. Trukhachev <sup>a</sup> , P. N. Kosov <sup>b</sup> .....	46
С. А. Серебряков, Н. Л. Анисимов, М. И. Дмитриев 53	
S. A. Serebryakov, N. L. Anisimov, M. I. Dmitriev .....	53
А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. О. Олейник .....	59
A. V. Shemyakin, S. N. Borychev, D. O. Oleinik .....	59
Б. Г. Зиганшин <sup>1</sup> , Н. Н. Фахреев <sup>2</sup> .....	64
B. G. Ziganshin <sup>3</sup> , N. N. Fakhreev <sup>b</sup> .....	64
В. А. Крючков <sup>1</sup> , М. И. Дмитриев <sup>2</sup> .....	69
V. A. Kryuchkov <sup>a</sup> , M. I. Dmitriev <sup>b</sup> .....	69
Н. В. Алдошин.....	75
N. V. Aldoshin .....	75
В. В. Шаров .....	80
V. V. Sharov.....	80

A. С. Дорохов <sup>1</sup> , А. В. Сибирёв <sup>2</sup> , А. В. Бугаев <sup>3</sup> .....	86
A. S. Dorokhov <sup>a</sup> , A.V. Sibirev <sup>b</sup> , A. V. Bugaev <sup>c</sup> .....	86
Д. В. Варнаков <sup>1</sup> , А. В. Бугаев <sup>2</sup> , А. Н. Юденичев <sup>3</sup> .....	92
А. В. Келлер <sup>1</sup> , А. В. Попов <sup>2</sup> , С. В. Ушнурцев <sup>3</sup> .....	99
A. V. Keller <sup>a</sup> , A. V. Popov <sup>b</sup> , S. V. Ushnurtsev <sup>c</sup> .....	99
A.V. Negovora <sup>a</sup> , I. R. Isanberdin <sup>a</sup> ,.....	104
->.....	107
Д. В. Варнаков <sup>1</sup> , А. Н. Юденичев <sup>2</sup> , А. В. Бугаев <sup>3</sup> .....	112
Е. А. Варнакова <sup>1</sup> , О. Н. Дидманидзе <sup>2</sup> , Д. В. Варнаков <sup>1</sup> .....	119
E. A. Varnakova <sup>3</sup> , O. N. Didmanidze <sup>b</sup> , D. V. Varnakov <sup>3</sup>	119
М. М. Разяпов, Ш. Ф. Нигматуллин, Р. Ф. Самиков 127	
M. M. Razyapov, S. F. Nigmatullin, R. F. Samikov ...	127
Yu. V. Kataev, V. S. Gerasimov, I. A. Tishaninov, E. A. Gradov.....	132
ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПОДШИПНИ-КОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	139
OPTIMIZATION OF THE WORKING PROCESS OF SLIDING BEARINGS MADE OF COMPOSITE MATERIALS.....	139
О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова....	154
O. A. Leonov, G. N. Temasova, Yu. G. Vergazova.....	154
Г. Н. Темасова.....	160
G. N. Temasova.....	160
Н. Л. Зайцева, Н. В. Алдошин, Н. Ю. Рябова.....	172
N. L. Zaitseva, N. V. Aldoshin, N. Yu. Ryabova.....	172
Н. Л. Зайцева, Н. В. Алдошин, Н. Ю. Рябова.....	178

N. L. Zaitseva, N. V. Aldoshin, N. Yu. Ryabova .....	178
Е. А. Улюкина <sup>1</sup> , А. В. Орешенков <sup>2</sup> , Ф. Е. Шарыкин <sup>2</sup> ..	184
E. A. Ulyukina <sup>a</sup> , A. V. Oreshenkov <sup>b</sup> , F. E. Sharykin <sup>b</sup> .....	184
В. И. Пляка, С. П. Казанцев.....	190
V. I. Plyaka, S. P. Kazancev .....	190
А. С. Шкель .....	196
A. S. Shkel .....	196
М. Ю. Конкин .....	203
M. Yu. Konkin.....	203
В. И. Пляка, С. М. Каткова, В. М. Катков.....	209
V. I. Plyaka, S. M. Katkova, V. M. Katkov.....	209
А. М. Пикина .....	214
A. M. Pikina.....	214
Т. И. Валькова, А. М. Пикина, А. К. Шустова .....	220
T. I. Balkova, A. M. Pikina, A. K. Shustova.....	220
И. А. Посунько .....	226
I. A. Posunko .....	226
Технологический процесс консервации ТС при хранении в помещении.....	229
Технологический процесс консервации ТС при хранении на открытой площадке.....	230
Н. И. Владимирова, А. С. Апатенко .....	234
N. I. Vladimirova, A. S. Apatenko .....	234
А. Ю. Фомин, Э. Н. Халилов, А. В. Лапаев .....	239
A. Yu. Fomin, E. N. Khalilov, A. V. Lapayev.....	239
Д. В. Анашин.....	245
D. V. Anashin .....	245

А. Л. Арутюнов.....	252
A. L. Arutyunov .....	252
А. А. Андреев, Е. А. Улюкина, С. К. Тойгамбаев, С. С. Гусев .....	256
USE OF POLYMERS IN CAR WASH .....	256
П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова.....	264
P. V. Golenitsky, U. Y. Antonova .....	264
И. В. Голиницкий, Э. И. Черкасова, У. Ю. Антонова .....	269
P. V. Golinitzky, E. I. Cherkasova, U. Y. Antonova .....	269
FOR AGRICULTURE.....	275
А. С. Апатенко, И. И. Руденко .....	281
A. S. Apatenko, I. I. Rudenko .....	281

*А. Л. Арутюнов*

ЧТЕНИЯ.....	1
АКАДЕМИКА.....	1
В. Н. БОЛТИНСКОГО .....	1
СОДЕРЖАНИЕ.....	3
G. J. Krasnikov <sup>3</sup> , O. N. Didmanidze <sup>b</sup> , P. V. Sirotin <sup>c</sup> , E. P. Parlyuk <sup>b</sup> .....	23
Введение .....	24
Выводы .....	41
В. И. Трухачев <sup>1</sup> , И. Н. Косов <sup>2</sup> .....	46
V. I. Trukhachev <sup>a</sup> , P. N. Kosov <sup>b</sup> .....	46
С. А. Серебряков, Н. Л. Анисимов, М. И. Дмитриев 53	
S. A. Serebryakov, N. L. Anisimov, M. I. Dmitriev .....	53
А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. О. Олейник .....	59



A. V. Shemyakin, S. N. Borychev, D. O. Oleinik .....	59
Б. Г. Зиганшин <sup>1</sup> , Н. Н. Фахреев <sup>2</sup> .....	64
B. G. Ziganshin <sup>3</sup> , N. N. Fakhreev <sup>b</sup> .....	64
В. А. Крючков <sup>1</sup> , М. И. Дмитриев <sup>2</sup> .....	69
V. A. Kryuchkov <sup>a</sup> , M. I. Dmitriev <sup>b</sup> .....	69
Н. В. Алдошин.....	75
N. V. Aldoshin .....	75
В. В. Шаров .....	80
V. V. Sharov.....	80
А. С. Дорохов <sup>1</sup> , А. В. Сибирёв <sup>2</sup> , А. В. Бугаев <sup>3</sup> .....	86
A. S. Dorokhov <sup>a</sup> , A.V. Sibirev <sup>b</sup> , A. V. Bugaev <sup>c</sup> .....	86
Д. В. Варнаков <sup>1</sup> , А. В. Бугаев <sup>2</sup> , А. Н. Юденичев <sup>3</sup> .....	92
А. В. Келлер <sup>1</sup> , А. В. Попов <sup>2</sup> , С. В. Ушнурцев <sup>3</sup> .....	99
A. V. Keller <sup>a</sup> , A. V. Popov <sup>b</sup> , S. V. Ushnurtsev <sup>c</sup> .....	99
A.V. Negovora <sup>a</sup> , I. R. Isanberdin <sup>a</sup> ,.....	104
->.....	107
Д. В. Варнаков <sup>1</sup> , А. Н. Юденичев <sup>2</sup> , А. В. Бугаев <sup>3</sup> .....	112
Е. А. Варнакова <sup>1</sup> , О. Н. Дидманидзе <sup>2</sup> , Д. В. Варнаков <sup>1</sup> .....	119
E. A. Varnakova <sup>3</sup> , O. N. Didmanidze <sup>b</sup> , D. V. Varnakov <sup>3</sup>	119
М. М. Разяпов, Ш. Ф. Нигматуллин, Р. Ф. Самиков	127
M. M. Razyarov, S. F. Nigmatullin, R. F. Samikov ...	127
Yu. V. Kataev, V. S. Gerasimov, I. A. Tishaninov, E. A. Gradov .....	132
ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПОДШИПНИ- КОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	139

OPTIMIZATION OF THE WORKING PROCESS OF SLIDING BEARINGS MADE OF COMPOSITE MATERIALS.....	139
О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова ....	154
O. A. Leonov, G. N. Temasova, Yu. G. Vergazova .....	154
Г. Н. Темасова .....	160
G. N. Temasova .....	160
Н. Л. Зайцева, Н. В. Алдошин, Н. Ю. Рябова .....	172
N. L. Zaitseva, N. V. Aldoshin, N. Yu. Ryabova .....	172
Н. Л. Зайцева, Н. В. Алдошин, Н. Ю. Рябова .....	178
N. L. Zaitseva, N. V. Aldoshin, N. Yu. Ryabova .....	178
Е. А. Улюкина <sup>1</sup> , А. В. Орешенков <sup>2</sup> , Ф. Е. Шарыкин <sup>2</sup> ..	184
E. A. Ulyukina <sup>a</sup> , A. V. Oreshenkov <sup>b</sup> , F. E. Sharykin <sup>b</sup> .....	184
В. И. Пляка, С. П. Казанцев.....	190
V. I. Plyaka, S. P. Kazancev .....	190
А. С. Шкель .....	196
A. S. Shkel .....	196
М. Ю. Конкин .....	203
M. Yu. Konkin.....	203
В. И. Пляка, С. М. Каткова, В. М. Катков.....	209
V. I. Plyaka, S. M. Katkova, V. M. Katkov.....	209
А. М. Пикина .....	214
A. M. Pikina .....	214
Т. И. Валькова, А. М. Пикина, А. К. Шустова .....	220
T. I. Balkova, A. M. Pikina, A. K. Shustova.....	220
И. А. Посуньо .....	226
I. A. Posunko .....	226

Технологический процесс консервации ТС при хранении в помещении.....	229
Технологический процесс консервации ТС при хранении на открытой площадке.....	230
Н. И. Владимирова, А. С. Апатенко .....	234
N. I. Vladimirova, A. S. Apatenko .....	234
А. Ю. Фомин, Э. Н. Халилов, А. В. Лапаев .....	239
A. Yu. Fomin, E. N. Khalilov, A. V. Lapaev.....	239
Д. В. Анашин.....	245
D. V. Anashin .....	245
А. Л. Арутюнов.....	252
A. L. Arutyunov .....	252
А. А. Андреев, Е. А. Улюкина, С. К. Тойгамбаев, С. С. Гусев .....	256
USE OF POLYMERS IN CAR WASH .....	256
П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова.....	264
P. V. Golenitsky, U. Y. Antonova .....	264
И. В. Голиницкий, Э. И. Черкасова, У. Ю. Антонова .....	269
P. V. Golinitsky, E. I. Cherkasova, U. Y. Antonova .....	269
FOR AGRICULTURE.....	275
А. С. Апатенко, И. И. Руденко .....	281
A. S. Apatenko, I. I. Rudenko.....	281

## Уважаемые друзья!

Для нашей страны, богатой природными ресурсами, обладающей поистине огромной территорией, тракторостроение - это важнейшая отрасль промышленности. Она обеспечивает производство сельскохозяйственной техники, позволяет повышать урожайность, создаёт рабочие места для нескольких тысяч людей. И потому мероприятия, которые позволяют обсудить современное состояние отрасли, обменяться профессиональным опытом по этой теме, имеют большое значение.

Вот уже более двадцати лет кафедра тракторов и автомобилей РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева проводит международные чтения, посвящённые памяти академика Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина Василия Болтинского. Уверен, что и в нынешнем году это мероприятие послужит развитию отрасли, а предложения, высказанные его участниками, будут способствовать созданию конкурентоспособной сельскохозяйственной техники российского производства, внедрению инновационных технологий.

И конечно, очень важно, что университет чтит традиции, заложенные такими выдающимися деятелями науки, как Василий Николаевич Болтинский, продолжает воспитывать молодых талантливых инженеров, учёных, специалистов высочайшей квалификации.

Желаю вам успехов и всего самого доброго!

*Президент Российской академии наук,  
Академик Российской академии наук  
Геннадий Яковлевич Красников*

## **Уважаемые коллеги, друзья!**

Пришло время, когда всем нам необходимо объединиться и дать ответ на главный вопрос: для технологической независимости от других стран, какие сегодня нужны тракторы и сельхозмашины. Сегодня, как никогда, остро встает проблема получения ответа на этот вопрос.

Анализ состояния машинно-тракторного парка РФ показывает, что в настоящее время парк формируется в основном за счет импорта тракторной техники из СНГ и дальнего зарубежья.

Необходимо дополнительно разобраться, какие нужны стране тракторы и сельхозмашины для технологической независимости от стран-импортеров.

Современные требования, предъявляемые к производителям, диктуют необходимость постоянного совершенствования методов и средств проектирования новых образцов техники.

Разработка таких подходов поможет определить новые решения создания современной техники и повысить степень унификации и взаимозаменяемости отдельных частей конструкции, проектировать комплексы универсальных машин.

Объединение научного потенциала агропромышленного сектора по направлениям развития производства в сферах электронно-компонентной базы, цифровых решений и сельхозтехники на наш взгляд являются важными и актуальными задачами.

Отрадно, что семинар уделяет внимание таким темам как развитие системы машин, точному земледелию, проектам научно-технического международного сотрудничества и создания общей программы учебных, производственных, исследовательских практик для студентов вузов с целью обмена опытом.

В данной ситуации, во время масштабного санкционного давления остро встают вопросы интеграции и объединения, особенно в области подготовки кадров, технологической кооперации и конструкторских задач. Уверен, что наше сотрудничество может развиваться также и в сфере подготовки кадров для производственных проектов.

Считаю, что вузам и заводам необходимо действовать вместе, по направлению развития промышленности.

Уважаемые коллеги, желаю Вам продуктивной работы и ждём результатов! Мы уверены, что наши совместные решения будут системными, продуманными с глубоким горизонтом планирования.

*Ректор РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева,  
академик РАН, д.с.-х.н., д.э.н., профессор Владимир  
Иванович Трухачев*

## Уважаемые друзья!

Компания «Росагролизинг» уже более 20 лет работает в агропромышленном комплексе и вносит существенный вклад в обеспечение продовольственной безопасности страны, способствует повышению уровня технической и технологической оснащенности сельхозтоваропроизводителей. Фактически каждый третий трактор и четвертый комбайн, который отгружают российские производители, приобретаются с помощью «Росагролизинга».

Мы не понаслышке знаем о проблемах материально-технического оснащения отрасли и проблемах отечественного тракторостроения.

Отрадно наблюдать, что в последние годы переломился тренд выбытия техники - теперь приобретается больше техники, чем выбывает, что, несомненно, способствует повышению энергонасыщенности.

Современная отечественная техника не уступает импортным аналогам в надежности, качестве и удобстве. При этом одно из ее главных конкурентных преимуществ - возможность оказания сервисных услуг и гарантийное обслуживание.

Несмотря на это, для достижения технологического суверенитета нашей страны необходимо развитие современных инновационных технологий применительно к сельскохозяйственной отрасли, таких как искусственный интеллект, цифровизация, точное земледелие и многое другое. Их повсеместное внедрение предполагает наличие высококвалифицированных специалистов, работающих на селе.

Именно поэтому, проведение таких масштабных научно-практических мероприятий, как семинар «Чтения академика В. Н. Болтинского» должно стать одним из этапов достижения национальных целей развития государства.

Взаимодействие науки, образования, бизнеса и государства позволяет в режиме реального времени иметь актуальную информацию и знания, находить эффективные решения и обеспечить конкурентоспособность на мировой арене для всех участников агропромышленного сектора экономики страны.

Компания «Росагролизинг» продолжает тесное сотрудничество с РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева как в рамках технической и технологической оснащенности учебного процесса и научной деятельности, так и в области подготовки высококвалифицированных кадров для АПК страны.

*Генеральный директор АО «Росагролизинг»  
Павел Николаевич Косов*

## **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЛИКА АГРОТЕХНИКИ И СТРАТЕГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ ЕЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

**Г. Я. Красников<sup>1</sup>, О. Н. Дидманидзе<sup>2</sup>, И. В. Сиротин<sup>3</sup>,  
Е. И. Парлюк<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Российская академия наук, г. Москва, Российская Федерация* <sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М. И. Платова», г. Новочеркасск, Российская Федерация

*Аннотация. Работа посвящена анализу технической эволюции и прогнозированию технического облика сельскохозяйственных самоходных комбайнов и тракторов. Выявлены закономерности стадийности развития этих машин. Представлено фактическое изменение, значимость и прогнозирование основных определяющих параметров машин базовой и повышенной производительности. Рассмотрены варианты обеспечения потребностей основных сельскохозяйственных машин в современных условиях сельскохозяйственного машиностроения. Обоснована необходимость пересмотра подходов проектирования агротехники и разработки новой концепции агропромышленного комплекса страны.*

*Ключевые слова: агротехника, эволюция, прогнозирование, определяющий параметр, агропромышленный комплекс, концепция*

## **SUBSTANTIATION OF TECHNICAL APPEARANCE OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY AND STRATEGIC APPROACHES TO ITS DESIGN**

**G. J. Krasnikov<sup>3</sup>, O. N. Didmanidze<sup>b</sup>, P. V. Sirotin<sup>c</sup>, E. P. Parlyuk<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>*Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

<sup>b</sup>*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

<sup>c</sup>*South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after MI Platov, Novocherkassk, Russian Federation*

*Abstract. The work is devoted to the analysis of technical evolution and forecasting of the technical appearance of agricultural self-propelled combines and tractors. Regularities of staging of technology development are revealed. The actual*

*change, significance and forecasting of the main defining parameters of machines of basic and increased productivity are presented. The options for meeting the needs of the main agricultural machines in modern conditions of agricultural engineering are considered. The necessity of revising the approaches to designing agricultural technology and developing a new concept of the country's agro-industrial complex is substantiated.*

*Keywords: agricultural technology, evolution, forecasting, defining parameter, agro-industrial complex, concept*

## **Введение**

В настоящее время тракторы, зерно- и кормоуборочные комбайны, являясь наиболее энергоемкими самоходными типами агротехники, во многом определяют возможность ведения эффективного и экологически чистого агрохозяйства, а также обеспечивают технический аспект преобразования агропромышленного комплекса (АПК) в передовой сектор промышленности. Действующие в России стратегические документы [1] предполагают развитие и укрепление отрасли сельхозмашиностроения с целью обеспечения производительными средствами механизации АПК страны и реализации продукции на мировом рынке. В последнее время создание новых образцов техники российскими предприятиями предполагало использование наработок мировых лидеров по соответствующей отрасли, что в большей степени обусловлено несопоставимыми объемами финансирования новых разработок. Такой подход не только затрудняет создание российскими предприятиями изделий с конкурентоспособным уровнем свойств на глобальном рынке, но и предполагает создание образцов техники и оборудования, технический облик которых не всегда соответствует требованиям отечественных субъектов АПК [2-4]. Разработка методологической основы формирования технического облика агротехники приобретает важнейшее практическое значение, предопределяет возможность достижения стратегических целей, а также способствует созданию стабильных экспортных потоков продукции АПК как одного из важнейших ресурсов геополитического потенциала России.

## **Цель исследования**

Целью настоящей работы стало обоснование технического облика сельскохозяйственных машин и оборудования нового поколения в современных геополитических, экономических и



социальных условиях, а также принципов построения новой концепции ведения эффективного и экологически чистого агрохозяйства и пространственной организации сельскохозяйственных территорий на основе стратегического планирования и обеспечения необходимых условий.

### **Материалы и методы**

Для проведения процедуры прогнозирования разработана методика, которая предусматривает последовательное выполнение следующих этапов: выделение критериев развития, описание и анализ конструктивной эволюции техники на основе положений работы [5]; определение номенклатуры определяющих параметров и их ранжирование методом Саати [6]; прогнозирование уровней определяющих параметров для техники новых поколений на основе методов нечеткой логики [7-9]; определение базового инварианта структуры изделий на основе унифицированного языка моделирования (*UML*) [10] и концептуального проектирования [11].

Обоснование необходимости учета сложившихся геополитических процессов проведено на основе сравнительной оценки результатов прогнозирования технического облика машин на начало и конец 2022 года. Необходимость разработки новой концепции ведения АПК обоснована на основе экспертных мнений.

### **Результаты и обсуждение**

Процедуру прогнозирования проводили в отношении основных и наиболее энергоемких самоходных машин, используемых в современном агропромышленном комплексе, т.е. тракторов и самоходных комбайнов. В соответствии с методикой [5, 12] проведен анализ эволюционного развития зерноуборочных комбайнов (рисунок 1), кормоуборочных комбайнов (рисунок 2) и тракторов (рисунок 3) с момента их начала производства в России и до настоящего времени.

С учетом закономерности циклического изменения производства самоходных комбайнов построено распределение выпускаемой техники и установлено, что каждые 28-30 лет происходит смена поколений машин. На основе закономерности приобретения новых функциональных свойств [5, 13] выделено три поколения каждого из анализируемых типов зерно- и кормоуборочных комбайнов.



*а*



*б*



*в*



*г*



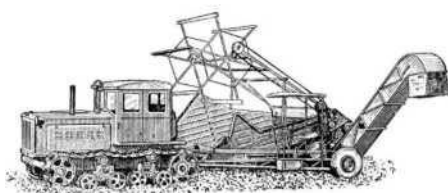
*д*



*е*

**Рисунок 1 - Представители первого («, б), второго (в, г) и третьего поколения (д, е) зерноуборочных комбайнов: а - Колхоз; б - Сталинец б; в - СКЗ; г - СК5; д - ДОН 1500; е - РСМ 161**

Машины первого поколения характеризуются возможностью реализации только технологической и энергетической функции (рисунок 1а, би рисунок 2 а, б), при этом они являются прицепными и не имеют конструктивно выделенных рабочих мест. В следующем (втором) поколении зерно- и кормоуборочных комбайнов развита технологическая функция как основной устойчивый параметр развития, а также приобретены две дополнительные; мобильности и комфортности рабочего места оператора (рисунок 1 в, ги рисунок 2 в, г).



*а*



*б*



*в*



*г*



*д*



*е*

**Рисунок 2 - Представители первого (*а, б*), второго (*в, г*) и третьего поколения (*д, е*) кормоуборочных комбайнов: *а* - СК 2,6; *б* - КСГ 2,6; *в* - КСГ 3,2; *г* - КСК 100; *д* - PCM 1401, *е* - PCM 2650**

В полном соответствии с [5] в конструкции зерноуборочных комбайнов третьего поколения выделенные функции получили дальнейшее развитие, а отличия от машин второго поколения заключаются в расширении функции экологической безопасности и применении новых систем автоматизации технологического процесса, которые в целом закономерно отражают приобретение машинами функции автоматизации [5, 14]. Таким образом, выделено три поколения зерноуборочных комбайнов: первое,

представленное прицепными установками типа «Колхоз» и «Сталинец», производимыми с 1930 годов; второе - самоходными комбайнами (СК) типа СК 3 и СК 5, производимыми с 1958 года; третье - машинами типа ДОН 1500 и др., производимыми с 1986 года. В настоящее время в России производятся зерноуборочные комбайны третьего и седьмого классов, которые в контексте данной работы можно обозначить как машины базовой и повышенной производительности [14-18].

Аналогично проведено деление по кормоуборочным комбайнам: так, первое поколение представлено прицепными установками типа СК 2,6 и КСГ 2,6, производимыми с 1954 года (рисунок 2а, 2б)', второе - самоходными машинами типа КСГ 3,2 и КСК 100, производимыми с 1973 года (рисунок 2в, 2г); третье - самоходными машинами типа РСМ 1401 (рисунок 2д, 2е), производство которых осуществляется с 2010 года до нашего времени [12, 1921]. Ввиду меньшей распространенности и применения кормоуборочные комбайны ориентированы на достаточно узкий сегмент потребителей и имеют меньшую сегрегацию параметров и количество модификаций. Анализ модельных рядов различных российских, белорусских и американских производителей кормоуборочных комбайнов позволил установить, что к концу XX века большинство производителей стали выпускать машины с четким разделением по производительности. В настоящее время в России производят кормоуборочные комбайны ДОН 680 и RSM 2650, которые по определенным выше критериям можно отнести соответственно к машинам базовой и повышенной производительности [19-21]. Аналогичное деление можно выявить в моделях комбайнового завода Гомсельмаш (Беларусь), а также других производителей этих самоходных комбайнов.

В тракторостроение эволюционные процессы происходили менее интенсивно в виду более ранней их разработки, а также применения не только для выполнения технологических операций, но и обеспечения транспортной функции [13]. Первое поколение тяговых машин определяется созданием тракторов «Гном» в 1919 году, «Коломенец-1» в 1922 году, «Коломенец-1» в 1922 году и «Карлик-1» в 1924 году. Эти машины обеспечивали технологическую и энергетическую функцию. Машины не имели возможности изменения передаточных чисел в трансмиссии, что существенно

ограничивало их эффективность и транспортные качества. Это поколение машин получило существенное развитие только в 1930-х годах за счет применения трансмиссий с изменяемыми передаточными числами, а также поршневых двигателей внутреннего сгорания, работающих на углеводородах легких фракций. В это время произведены тракторы: «Фордзон-Путиловец» в 1924 году, СТЗ- 15/30 в 1930 году (рисунок 3б), ХТЗ в 1931 году, «Универсал» в 1934 году (рисунок 3а) [13].

Следующий этап развития тракторов связан с появлением машин МТЗ-2 в 1949 году, ХТЗ-7 в 1950 году, ДТ-24 в 1956 году, МТЗ-50 в 1958 году. В отличие от машин предыдущего поколения эти тракторы имели эластичные шины, которые обеспечивали повышение экологической безопасности и транспортных свойств [13]. Технический облик машин второго поколения был сформирован к 1961-1964 гг. К этому времени организовано серийное производство тракторов Т-125 в 1962 г., К 700 в 1962 г. (рисунок 3а), а также МТЗ 52 в 1964 г. (рисунок 3е). Основными отличительными конструктивными признаками машин этого поколения является полный привод колес, а также наличие кабины, обеспечивающей улучшение условий труда тракториста.

Следующее поколение машин представлено машинами типа BELARUS-923.4 (рисунок 3д) и К9000 (рисунок 3е), в которых были развиты технологические и энергетические функции [22,23]. Отличительным признаком машин этого поколения является наличие цифровых подсистем, позволивших более широко применять и внедрять автоматическое управление и обеспечивать функцию автоматизации. Также с целью повышения экологической безопасности и реализации тяговых усилий в тракторах третьего поколения применяются движители с двойной ошиновкой.

Таким образом, проведенный анализ позволил для каждого поколения машин выделить наследуемые и развиваемые функции, а также определить устойчивые критерии развития, заключающиеся в непрерывном повышении производительности, улучшении транспортных свойств, а также комфортности рабочего места оператора и экологической безопасности.



**Рисунок 3 - Представители первого (а, б), второго (в, г) и третьего поколения (д, е) тракторов: а - «Универсал»; б - СТЗ 15/30; в - МТЗ 52; г - К 700; д - BELARUS 923.4; е - К 9000**

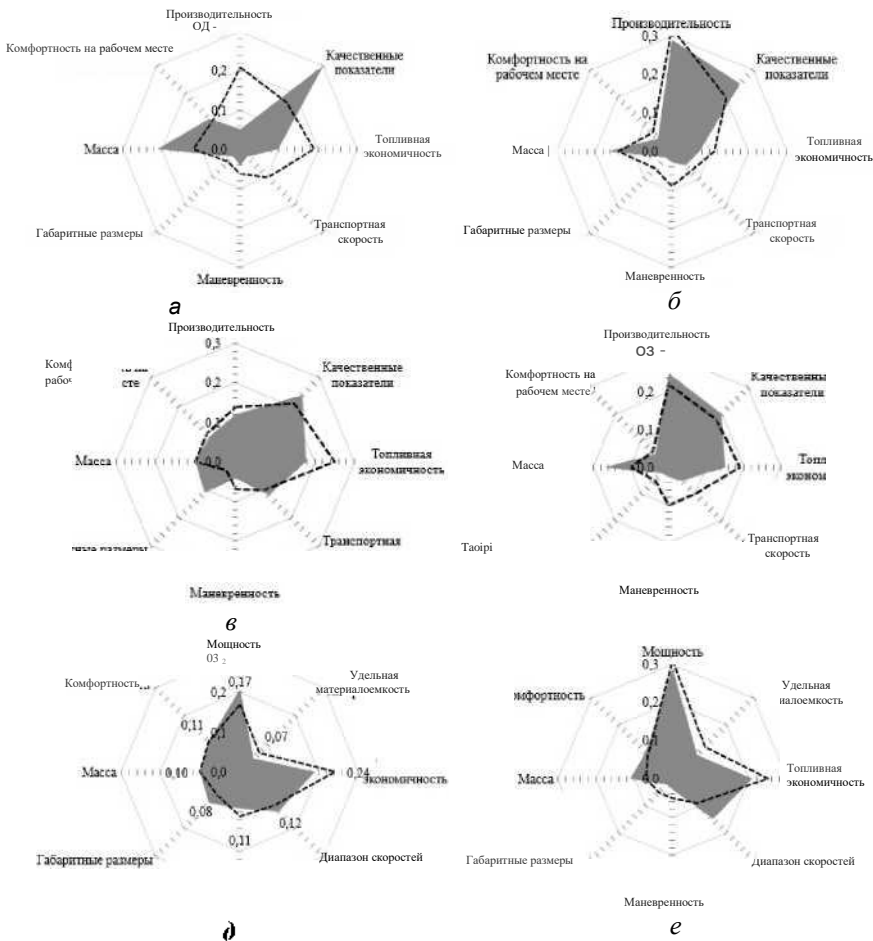
В соответствии с выделенными критериями развития и развиваемыми функциями для проведения процедуры прогнозирования выделен набор определяющих параметров зерно- и кормоуборочных комбайнов: производительность, качественные показатели, топливная экономичность, транспортная скорость, маневренность, габаритные размеры, масса и комфортность на рабочем месте. Для тракторов приняты определяющие параметры: мощность двигателя, удельный расход топлива двигателя, удельная

материалоемкость, радиус поворота, диапазон скоростей, габаритные размеры, масса и комфортность на рабочем месте.

Структура аграрного сектора российской экономики сильно отличается от мировой практики. В большинстве стран мира сегодня преобладают фермерские хозяйства, которые производят основную долю сельскохозяйственной продукции. В России развитие крестьянских фермерских хозяйств происходит медленно, поскольку еще до проведения реформ структура аграрного сектора была ориентирована на крупные сельскохозяйственные организации в форме агрохолдингов [24]. В результате сложилась аномальная ситуация, когда производство основных объемов сельскохозяйственной продукции сконцентрировано в крупных хозяйствах, которые предъявляют специфический набор требований к используемым технологиям и агротехнике, обеспечивающим, прежде всего, извлечение максимальной прибыли. Крупное сельскохозяйственное производство есть и в США, но объемы произведенной продукции по хозяйствующим субъектам распределены практически равномерно. При этом на крупные хозяйства приходится не более 28 % произведенной продукции [24]. В России между выделенными группами хозяйств имеется большая разница, которая в самое ближайшее время должна быть компенсирована развитием малых предприятий.

В сложившихся условиях удовлетворение достаточно разнонаправленных требований, предъявляемых к агротехнике, целесообразно вести через создание машин двух основных моделей - базовой и повышенной производительности, а за счет опционального наращивания доводить базовые инварианты до особенных требований заказчиков, соотношение которых также должно иметь государственное регулирование. С целью выделения особенностей технического облика, требуемого для каждой из форм хозяйствующих субъектов, проведен опрос экспертов, представляющих органы государственной власти, академического сообщества, а также представителей основных хозяйствующих субъектов АПК: индивидуальных предпринимателей и руководителей КФХ, колхозов, а также крупнейших агрохолдингов России. На основе метода парных сравнений Саати показано, что для каждой формы субъекта АПК важность отдельных параметров отлична (рисунок

4). Также отмечается различие результатов прогнозирования, проведенных в начале и конце 2022 г.



**Рисунок 4 - Результаты оценки значимости определяющих параметров зерноуборочных комбайнов (а, б), кормоуборочных комбайнов (в, г) и тракторов (д, е) базовой (а, в, д) и повышенной производительности (б, г, е)**

С целью проведения прогнозирования на основе официальных изданий и публикуемых результатов сравнительных испытаний [15-21] проведена оценка фактического изменения



выделенных определяющих параметров от предыдущего к текущему поколению машин (таблицы 1-3). Для учета фактического изменения комфортности на рабочем месте использован метод экспертных оценок путем ранжирования по 10-бальной шкале.

**Таблица 1 - Динамика изменения определяющих параметров зерноуборочных комбайнов**

№	Наименование определяющего параметра	БП		ПП		
		СК5	S300	ДОН 1500	RSM 161	Torum 760
1	Производительность, т/ч	7,2	13,22	14	20,23	23,3
2	Качество тех. процесса, %	1,33	1,06	2	1,69	1,79
3	Расход топлива, л/ч (кг/т)	25	22	(3,1)	(2,81)	(2,6)
4	Транспортная скорость, км/ч	18,7	20 (25)*	20	20	20 (25)*
5	Маневренность, м	7,5	7,25	8,9	8,5	8,5
6	Габаритные размеры Д/Ш/В, м	7607/ 3930/ 4020	7910/ 3530/ 3880	7540/ 4400/ 3980	9520/ 3980/ 3860	9780/ 3945/ 3870
7	Масса, кг	7400	11800	13283	18200	20587
8	Комфортность	3	5	4	7	7

\* - заявленный уровень для машин «Клаас Тукано 320» *iClaasTucano 320*) и Енисей 5000

**Таблица 2 - Динамика изменения определяющих параметров кормоуборочных комбайнов**

№	Наименование определяющего параметра	БП		ПП
		ДОН 680	PCM 1401	RSM 2650
1	Производительность, т/ч	52	75,5	93,46
2	Качество тех. процесса, %	1,0	0,8	0,56
3	Расход топлива, кг/т	0,44	0,59-0,84	0,66
4	Транспортная скорость, км/ч	20	20	25 (40)*
5	Маневренность, м	6,7	6,2	6,5
6	Габаритные размеры Д/Ш/В, м	6192/ 3880/ 3940	6170/ 3250/ 3800	6825/ 3375/ 3905
7	Масса с адаптером, кг	11686	12570	20500
8	Комфортность	3	5	6

\* - заявленный уровень для машин «Клаас Ягуар» *iClaas Jaguar*)

**Таблица 3 - Динамика изменения определяющих параметров тракторов**

№	Наименование определяющего параметра	БП		ПП	
		МТЗ 52	BELA RUS-923.4	К700	К9000
1	Мощность, кВт	40	70	160	256
2	Удельная материалоемкость, кг/кВт	78	74,8	80	64,3
3	Удельный расход топлива двигателем, г/(кВт ч)	270	220	252	205
4	Диапазон скоростей, км/ч	1,65-33	2,65-38,1	4,5-28	3,6-30
5	Маневренность, м	2,7	2,55	7,98	7,4
6	Габаритные размеры, Д/Ш/В,м	3810/ 1970/ 2470	4440/ 1971/ 2850	6820/ 2850/ 3685	7552/ 2875/ 3993
7	Масса, кг	3120	5235	12800	16450
8	Комфортность	4	6	4	7

Как видно из таблиц 1 и 2 при смене поколений зерно- и кормоуборочных комбайнов наибольшее развитие получили такие определяющие параметры, как «Производительность» и «Масса», которые имеют корреляцию между собой из-за сформировавшихся способов модульного проектирования машин. Определяющий параметр «Качество технологического процесса» изменился незначительно, поскольку его предельный уровень регламентирован стандартами. По параметру «Расход топлива» зерноуборочные комбайны имели некоторое снижение из-за внедрения автоматизации отдельных технологических подсистем. Все анализируемые параметры, определяющие транспортные свойства, также улучшались. Во всех случаях отмечено увеличение длины машин, уменьшение ширины и высоты, что обусловлено требованиями и условиями передвижения и транспортировки по дорогам общего пользования. Комфортность рабочего места по 10-бальной шкале улучшилась на 2...3 балла.

Динамика основных определяющих параметров кормоуборочных комбайнов изменялась аналогично, однако отмечено, что определяющий параметр «Расход топлива в рабочем режиме» у машин текущего поколения выше, чем у предыдущего, что обусловлено увеличением массы и, соответственно, повышением энергозатрат на самопередвижение, а также увеличением

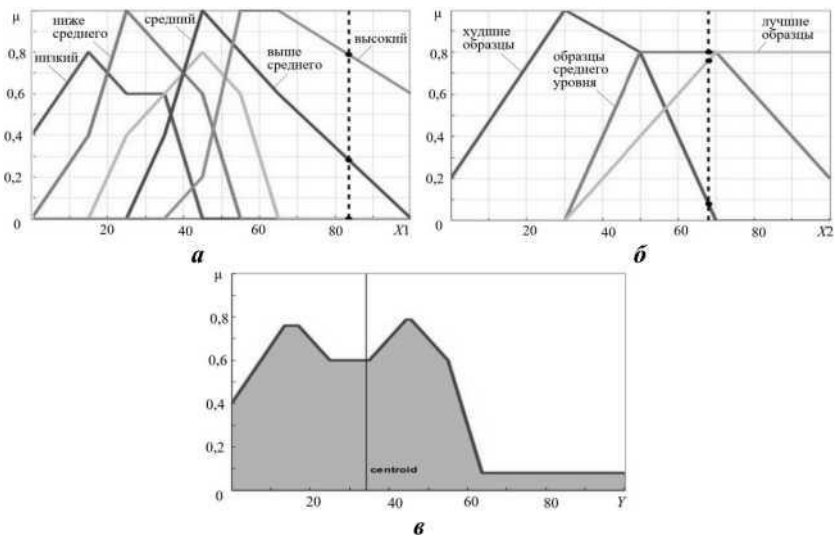
энергозатрат на получивший распространение гидравлический привод технологического оборудования. Среди транспортных свойств кормоуборочных комбайнов наибольшее увеличение отмечено по параметру «Транспортная скорость», который в современных моделях машин достигает 40 км/ч и далее будет повышаться.

Технический облик тракторов также был существенно изменен в отношении энергонасыщенности машин как базовой, так и повышенной производительности. Однако из таблицы 3 также видно, что эти изменения произошли за счет силомоментного масштабирования, что обусловлено несущественным изменением показателя «Удельная энергоёмкость». До настоящего времени топливная эффективность достигалась, прежде всего, за счет применения более экономичных двигателей внутреннего сгорания.

Прогнозирование проводили с помощью методов нечеткой логики в соответствии с методикой, приведенной в работе [9, 12]. Для расчета по выделенным в таблицах 1 -3 определяющим параметрам были построены функции принадлежности переменной  $X_1$  «Тенденция роста параметра» (рисунок 5а) с термами «низкий», «ниже среднего», «средний», «выше среднего» и «высокий» и  $X_2$  «Степень приближения образцов текущего поколения к идеальному значению» (рисунок 5б) с термами «худшие образцы», «образцы среднего уровня», «лучшие образцы», а процесс нечеткого логического вывода и построения функции принадлежности  $Y$  «Прогноз роста» (рисунок 5в) был реализован на базе алгоритма Мамдани в соответствии с методикой, приведенной в [9, 12]. Расчет проведен в соответствии с методикой, приведенной в работе [12]. Этапы и результаты расчетов по параметру «Производительность» зерноуборочного комбайна базовой производительности представлены на рисунке 5.

Проведение процедуры дефаззификации прогноза реализовано по обобщенной функции принадлежности выходной переменной  $Y$  (рисунок 5в) и выполнено по методу центроида [7], что позволило определить относительный рост определяющего параметра относительно фактического уровня машины текущего поколения (рисунок 5). Аналогично были проведены расчеты по другим определяющим параметрам остальных анализируемых в данной работе типов сельскохозяйственных машин. Результаты

прогнозирования представлены на рисунке 6. Для автоматизации расчетов по предложенной методике с помощью программного комплекса *MATLAB-Simulink* разработан соответствующий алгоритм и симуляционная модель [25].



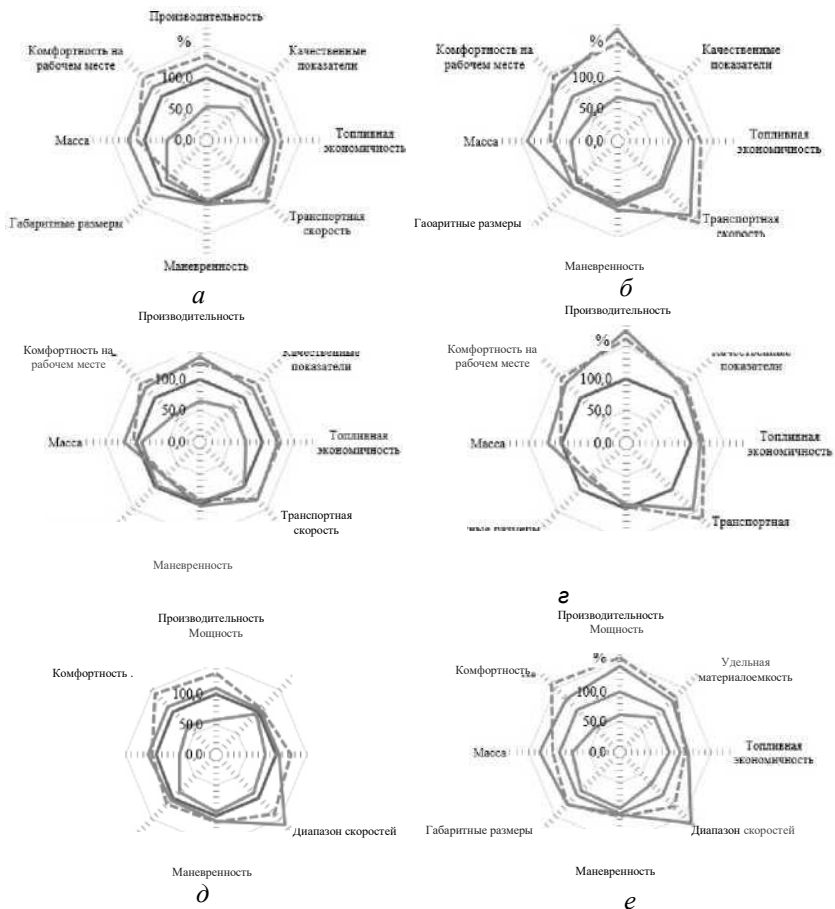
**Рисунок 5 - Функции принадлежности входных переменных  $X1$  (а),  $X2$  (б) и выходной переменной  $Y$  (в) определяющего параметра «Производительность» зерноуборочного комбайна базовой производительности**

На рисунке 6 показано сопоставление относительных уровней определяющих параметров для машин предыдущего поколения (рисунок 1 в, г, рисунок 2 в, г и рисунок 3 в, г), текущего поколения (рисунок 1 д, е, рисунок 2д, е и рисунок 3 д, в), а также нового поколения. Как видно из рисунка 6, зерно- и кормоуборочные комбайны нового поколения в зависимости от модификаций должны получить: увеличение производительности на 25.. .60,8 %; улучшение качества обработки технологической массы на 20,6...29,6 %, улучшение топливной экономичности на 17,5. ..29,2 %; повышение транспортной скорости на 25,5. ..41,4 %; улучшение маневренности на 6,44...8,08 %; уменьшение габаритных размеров на 15...25 %; увеличение массы не более чем на 2.. .10%и повышение комфортности на 32,4...42,1 %.

Результаты прогнозирования по тракторам показали, что машины базовой производительности должны улучшить определяющие параметры на 5..12%, при этом диапазон скоростей повысится на 62 %. В отношении тракторов повышенной проходимости прогнозируется повышение мощности на 41 %, облегчение конструкции по показателю удельная материалоемкость на 21 %, повышение топливной экономичности на 12 %, диапазона скоростей на 65 %, маневренности на 2 %, габаритных размеров на 21 %, массы на 31 % и комфортности на 25 %.

Следует отметить, что результаты прогнозирования, проведенного в начале и конце 2022 г. имеют отличия (рисунок 6). Результаты прогнозирования, проведенные в конце 2022 г., показали, что по: зерноуборочным комбайнам базовой производительности предполагается снижение всех основных определяющих параметров, кроме массы и габаритных размеров; другим самоходным комбайнам следует ожидать снижение основных определяющих параметров, кроме массы, габаритных размеров и производительности. Отличия прогнозов в отношении зерно- и кормоуборочных комбайнов обусловлено приостановкой поставок в РФ импортных машин, а также программно-вычислительных комплексов.

По тракторам отмечается большая разница результатов прогнозирования, проведенного в начале и конце 2022 г.: по всем основным определяющим параметрам отмечается их снижение. Результаты прогнозирования в начале и конце 2022 г. выявили: снижение мощности и комфортности, что обусловлено закрытием импорта двигателей внутреннего сгорания, а также дефицитом или отсутствием отечественных аналогов; снижение удельной материалоемкости, что связано с исключением поставок импортной техники, задающей тренды развития; повышение расхода топлива обусловлено переходом на отечественные силовые установки; повышение диапазона скоростей из-за повышения нагрузки трактора из-за ограниченности производственных возможностей выпуска новых и отсутствия поставок импортных машин; повышение массы и габаритных размеров - из-за применения двигателей с большим пятном контакта и отсутствия конкуренции.



**Рисунок 6 - Уровни определяющих параметров зерноуборочных комбайнов (*a, б*), кормоуборочных комбайнов (*в, г*) и тракторов (*д, е*) базовой (*a, в, д'*) и повышенной производительности (*б, г, е*): красный - предыдущее поколение; синий - текущее поколение; зеленый - новое поколения**

Удельная  
материалоёмкость

Спрогнозированный уровень свойств формирует разнонаправленные изменения, которые с точки зрения реализации на основе существующих подходов конструирования противоречивы, а с учетом выявленного отставания отечественных машин по основным транспортным и эксплуатационным свойствам [2-4, 12] труднодостижим.

Очевидно, что разница результатов прогнозирования в целом обусловлена эскалацией санкционного давления на экономику России, а также меняющимися экономическими, политическими, социальными и другими условиями. В новых геополитических реалиях Президентом страны принят стратегический курс по выводу страны на траекторию реальной технологической независимости - достижению технологического суверенитета [26]. В соответствии с этим посылом действующий стандарт [27] отмечает, что утрата сельской традиционной культуры не осознается обществом как проблема, заслуживающая внимания и общественных ресурсов для ее преодоления, в результате разрушаются и исчезают уникальные памятники материального и нематериального наследия народов России, являющиеся основой их идентичности [28]. Рядом представителей органов основных ветвей власти, а также бизнеса обозначен курс на пересмотр требований к создаваемой технике и технологиям с учетом особого пути развития нашей страны, особенностей культуры и менталитета общества [29-31]. Очевидно, что агропромышленный комплекс, как важнейшая отрасль страны, и сельскохозяйственное машиностроение также будут иметь собственную модель организации и развития с учетом сложившихся условий в самой отрасли, стране и мировых трендов.

В стратегическом документе [27], оперативно разработанном в 2022 г. обозначено, что в АПК парк тракторов должен составлять 494260 единиц техники, комбайнов - 176526 единиц техники. При этом по состоянию на 1 мая 2022 г. у сельскохозяйственных товаропроизводителей имелось 429728 единиц тракторов, 124179 единиц зерноуборочных комбайнов, 15353 единицы кормоуборочных комбайнов. Дефицит тракторов составляет порядка 70000 единиц, комбайнов - 37000 единиц. Доля тракторов, эксплуатируемых свыше 10 лет, составляет около 57 процентов, зерноуборочных комбайнов - 45 процентов, кормоуборочных комбайнов - 43 процента. С целью сохранения темпов обновления парка техники и снижения техники, эксплуатируемой свыше 10 лет, требуется ежегодное обновление парка техники на уровне 10 процентов от числа имеющихся в наличии самоходных машин и других видов техники [27]. Таким образом, для удовлетворения потребности АПК в сельскохозяйственных машинах, обеспечивающих возможность ведения эффективного и экологически чистого агрохозяйства,

требуется ежегодная поставка в эксплуатацию около 50000 единиц тракторов и 17000. .18000 единиц комбайнов с техническим обликом, соответствующем машинам текущего поколения. Возможными вариантами компенсации сложившегося дефицита агротехники являются:

- наращивание производства отечественных производителей, а также Беларуси как основного и надежного поставщика товаров и услуг. При этом возникает необходимость оценки целесообразности реализации только этого направления в средне- и долгосрочной перспективе;

- повышение производительности машин текущего поколения, технический облик которых сформирован в результате реинжиниринга и подходов проектирования на основе силомоментного и масс-инерционного масштабирования. Такая экстенсивная форма развития конструкции машин привела к существенному повышению их массы, увеличению энергозатрат на самопередвижение, а также интенсификации генерируемых ими виброакустических возмущений [2-4]. Используемый подход не только затрудняет создание российскими предприятиями изделий с конкурентоспособным уровнем свойств на глобальном рынке, но и предполагает создание образцов техники и оборудования, технический облик которых не соответствует условиям российского АПК;

- повышение производительности машин за счет внедрения цифровых систем управления является закономерным направлением развития агротехники. Однако следует учитывать, что структурная перестройка сельской экономики отразилась на кадровом обеспечении аграрного сектора [28]. В сложившихся условиях пространственной организации России [32] требуется синхронизация процессов цифровизации агротехники и подготовки кадров для АПК;

- наращивание импорта. При этом данное направление должно реализовываться на условиях защиты внутреннего рынка, выравнивания условий производства, а также соответствия импортируемой техники требованиям к техническому облику отечественных машин, а также новой системы машин, специально разработанной под особые условия и путь развития РФ.



Таким образом, отмеченные процессы технической эволюции наиболее энергоемких сельскохозяйственных машин предполагают совершенствование транспортных и технологических подсистем, а также более широкое применение в них цифровых систем управления. Удовлетворение потребностей в новой агротехнике также требует наращивания выпуска машин, прежде всего, российскими предприятиями. При этом складывающиеся геополитические условия в мире, особенности ведения агропромышленного комплекса и организации сельскохозяйственного машиностроения России требуют разработки агротехники с учетом национальных, культурных особенностей, а также имеющихся производственных, трудовых, интеллектуальных ресурсов и наиболее целесообразных технологий ведения АПК.

### **Выводы**

1. В настоящее время основные сельскохозяйственные машины на пути эволюционного развития соответствуют третьему поколению, основным направлением развития которого является разработка и внедрение систем управления процессами самопередвижения и технологическими процессам. Технический облик средств механизации зависит от формы хозяйствующих субъектов, а также складывающихся геополитических, экономических и политических условий, требующих прогнозирования и определения стратегии АПК страны в новых условиях.

2. Стратегия АПК должна формироваться в аспекте национальной безопасности, экономической эффективности и качества жизни граждан, а также традиционной культуры, памятников материального и нематериального наследия народов России, являющихся основой их идентичности.

3. Стратегическое планирование АПК, обеспечивающего продовольственную безопасность страны и экспорта продукции АПК как продукта геополитического влияния, наиболее целесообразно реализовывать в последовательности:

■ корректировка Стратегии пространственного развития территорий РФ и Стратегии развития агропромышленного комплекса с закреплением количественных показателей оптимальной структуры хозяйствующих субъектов АПК;

- обоснование и разработка технологий ведения АПК;
- разработка системы сельскохозяйственных машин, в том числе с учетом прогнозирования уровней определяющих параметров на глубину протекания жизненного цикла;
- разработка и утверждение государственных программ и механизмов стимулирования производства агротехники в рамках единой системы машин;
- обоснование и разработка единой модульной платформы создания, производства и эксплуатации агротехники на основе передовых методов и разумного применения систем цифровизации.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Распоряжение Правительства РФ от 07.07.2017 № 1455-р «Об утверждении Стратегии развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года».
2. Сиротин, П. В. Анализ виброакустической нагруженности рабочего места операторов зерноуборочных комбайнов / П. В. Сиротин, И. Ю. Лебединский, В. В. Кравченко // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. - 2018.-№1 (53). - С. 113-121.
3. Сиротин, П. В. Экспериментальная оценка плавности хода самоходного кормоуборочного комбайна / П. В. Сиротин, А. Г. Сапегин, С. В. Зленко // Труды НАМИ. - 2017. - №4 (271). - С. 67-74.
4. Sirotin, P. V. Experimental studies of ride quality of self-propelled combine harvester / P. V. Sirotin, A. G. Sapegin, S. V. Zlenko // XIV International Scientific-Technical Conference «Dynamic of Technical Systems» (DTS-2018). September 12-14, 2018. - Rostov-on-Don, Russian Federation : MATEC Web of Conferences. - 2018.- Volume 226.
5. Половинкин, А. И. Теории проектирования новой техники: закономерности техники и их применение / А. И. Половинкин. - М. : Информ- электро, 1991. - 101 с.
6. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. - М. : Радио и связь, 1993. - 278 с.
7. Штовба, С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Д. Штовба. - М. : Горячая линия - Телеком, 2007. - 288 с.
8. Коньшева, Л. К. Основы теории нечетких множеств : учебное пособие / Л. К. Коньшева. - СПб. : Питер, 2011. — 192с.
9. Жилейкин, М. М. Прогнозирование значений определяющих показателей при формировании технического облика особо легких высокоподвижных колесных транспортных средств / М. М. Жилейкин, М. Р.

Калимулин, А. В. Мирошниченко // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. - 2012. - № 10(10). - С. 24.

10. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на С++ / Гради Буч; Пер. с англ, под ред. И. Романовского и Ф. Андреева. - 2 изд. - М. : Випом ; СПб. : Нев. диалект, 1998. - 558 с.

11. Максимов, В. П. Концептуальное конструирование орудий для основной обработки склоновых земель / В. П. Максимов, А. Е. Ушаков // Вестник аграрной науки Дона. Зерноград. - 2020. - №1 (49). - С. 53-59.

12. Сиротин, П. В. Метод прогнозирования технического облика зерно- и кормоуборочных комбайнов новых поколений с обоснованием структуры их виброзащитной системы / П. В. Сиротин // Тракторы и сельхозмашины. - 2021. - Т. 88. - № 6. - С. 15-28.

13. Шаров, В. В. Фрагменты истории отечественного тракторостроения. Технические очерки по тракторостроению в России. Конец XIX - первая половина XX веков / В. В. Шаров // С.П. Баранцевское. Серия - Память жива. Дизайн и вёрстка рекламного агентства «Идеи оптом». - 2015. - 96 с.

14. Шаткус, Д. И. Справочник по комбайнам Нива и Колос / Д. И. Шаткус. - М. : «Колос», 1976. - С. 208.

15. Протокол испытаний № 14-41-2017 (2060022) комбайна зерноуборочного самоходного S300 «NOVA» в комплекте с адаптерами. - Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центрально-Черноземная государственная зональная машиноиспытательная станция», 2017. - 5 с.

16. Комбайны зерноуборочные самоходные «Дон-1500Б» и «Дон-1200Б». Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию. - Учебный центр АО «Ростсельмаш». - С. 468.

17. Протокол испытаний № 07-41-2017 (5060322) комбайна зерноуборочного РСМ-161. - Федеральное государственное бюджетное учреждение «Кубанская государственная зональная машиноиспытательная станция». - 5 с.

18. Отчет № 11-23-14 (4060252) от 18 ноября 2014 г. по результатам базовых испытаний сельскохозяйственной машины комбайна зерноуборочного РСМ-181 «TORUM-760». - ФГБОУ Сев.-Кав. гос. зональная МПС. - Зерноград, 2014. - С. 24.

19. Отчет о выполнении информационной услуги по результатам испытаний Комбайна кормоуборочного самоходного РСМ-100 «ДОН-680М» в комплекте с адаптерами (на основании протокола № 11-15-16 шифр 1130082 от 14 ноября 2016 года). - Зерноград, 2016. - 20 с.

20. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центрально-Черноземная государственная зональная машиноиспытательная станция» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [chmis.ru/ispytaniya/94-2018/261-kultivator-navesnoj-dlya-vysokostebelnykh-kultur-kmv-5-6-50](http://chmis.ru/ispytaniya/94-2018/261-kultivator-navesnoj-dlya-vysokostebelnykh-kultur-kmv-5-6-50) (дата обращения 12.12.2019).

21. Комбайн кормоуборочный самоходный РСМ-1401. Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию. - Выпуск 5. - Изд. Ростсельмаш, 2010. - С. 65.

22. Агротехника. Продукция. Главная. Официальный интернет-ресурс ПТЗ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://kirovets-ptz.com/catalog/agrotehnika/> (дата обращения: 25.12.2022).

23. Тракторы. Продукция. Главная. Официальный интернет-ресурс МТЗ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.belarus-tractor.com/catalog/tractors/> (дата обращения: 25.12.2022).

24. Ларин, С. Н. Тенденции развития сельского хозяйства и необходимость взаимодействия агрохолдингов и фермерских хозяйств / С. Н. Ларин, А. Н. Знаменская // Наука без границ. - 2019. -№ 5 (33). - С. 20-29.

25. Свидетельство о гос. рег. программы ЭВМ № 2021613297. Программа прогнозирования уровней определяющих параметров технических объектов новых поколений (DSJ) / П. В. Сиротин, Н. С. Дробязко, М. М. Жилейкин. -№ 2021612389 ; заявл. 25.02.2021 ; опубли. 04.03.2021 г.

26. Обращение Президента. Новости ПЭФ 2022. Новости. Информация и сервисы. Официальный интернет-ресурс Роспатента РФ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://rospatent.gov.ru/ru/news/pmef-putin-17062022> (дата обращения: 25.12.2022).

27. Распоряжение Правительства РФ от 08.09.2022 № 2567-р «Об утверждении Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года».

28. Распоряжение Правительства РФ от 02.02.2015 № 151-р «Об утверждении Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года».

29. Доклад М. Г. Решетникова о прогнозе социально-экономического развития на 2023 год и на плановый период 2024-2025 годов Минэкономразвития РФ. Официальный интернет-ресурс Совета Федерации РФ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://council.gov.ru/events/news/138446> (дата обращения: 25.12.2022).

30. Один на один с Анной Лазаревой. Максим Соколов об антикризисной стратегии «АвтоВАЗа». Официальный интернет-ресурс ВГТРК [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://smotrim.ru/video/2567028> (дата обращения: 18.02.2023).

31. Мнение. Наталья Касперская: импортозамещение в сфере инфобезопасности в РФ. Официальный интернет-ресурс ВГТРК [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://smotrim.ru/video/2390522> (дата обращения: 09.03.2023).

32. Распоряжение Правительства РФ от 13.02.2019 № 207-р «Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года».

*Об авторах:*

**Красников Геннадий Яковлевич**, Президент Российской академии наук (119991, Российская Федерация, Москва, Ленинский проспект, 14), доктор технических наук, профессор, академик РАН.

**Дидманидзе Отари Назирович**, заведующий кафедрой тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор, академик РАН, didmanidze@rgau-msha.ru.

**Сиротин Павел Владимирович**, заведующий кафедрой «Автомобили и транспортно-технологические комплексы», ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова» (346428, Российская Федерация, Ростовская обл., Новочеркасск, ул. Просвещения, 132), доктор технических наук.

**Парлюк Екатерина Петровна**, профессор кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, kparlyuk@rgau-msha.ru.

*About the authors:*

**Gennadij J. Krasnikov**, President of the Russian Academy of Sciences (119991, Russian Federation, Moscow, Leninsky Prospekt, 14), D.Sc. (Engineering), professor, Academician of the Russian Academy of Sciences.

**Otary N. Didmanidze**, Head of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, didmanidze@rgau-msha.ru

**Pavel V. Sirotin**, Department head «Automobiles and transport-technological complexes», «South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after MI Platonov», (346428, Rostovregion, Novocherkassk, st. Enlightenment, 132), D.Sc. (Engineering).

**Ekaterina P. Parlyuk**, professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), kparlyuk@rgau-msha.ru.

## РОЛЬ МТК В РАЗВИТИИ КОНЦЕПЦИИ СОВМЕСТНОГО МАШИНОИСПОЛЬЗОВАНИЯ

**В. И. Трухачев<sup>1</sup>, И. Н. Косов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация <sup>2</sup>АО «Росагролизинг», г. Москва, Российская Федерация

*Аннотация. В работе рассмотрен один из вариантов совместного машиноиспользования, наиболее востребованный у сельскохозяйственных товаропроизводителей, обновляющих парк своей техники с использованием такого финансового инструмента как лизинг. Рассмотрены основные экономические преимущества машинно-технологических комплексов (МТК) в решении вопросов технического обеспечения отечественного аграрного сектора.*

*Ключевые слова: машинно-тракторный парк, техническое обеспечение, машинно-технологический комплекс (МТК), совместное машиноиспользование.*

## THE ROLE OF MACHINE-TECHNOLOGY COMPLEXES IN THE DEVELOPMENT OF THE CO-OPERATIVE MACHINERY CONCEPT

**V. I. Trukhachev<sup>a</sup>, P. N. Kosov<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

<sup>b</sup>Rosagroleasing JSC, Moscow, Russian Federation

*Abstract. The paper considers one of the options for joint machine use, which is most in demand among agricultural producers updating their fleet of equipment using such a financial instrument as leasing. The main economic advantages of machine-technological complexes (MTC) in solving issues of technical support of the domestic agricultural sector are considered.*

*Keywords: machine and tractor park, technical support, machine and technological complex (MTC), joint machine use.*

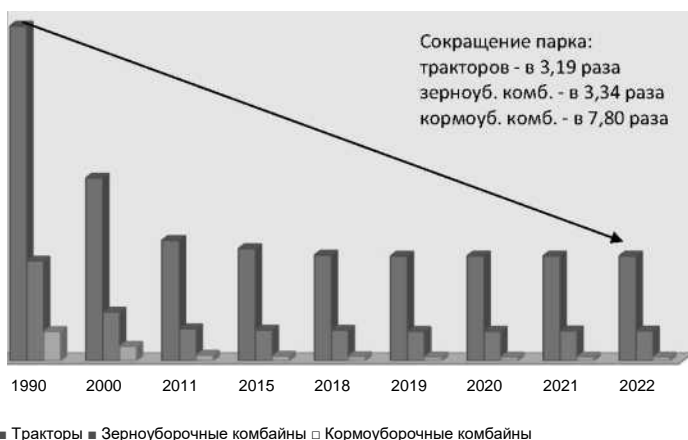
Основным элементом материально-технической базы сельскохозяйственных товаропроизводителей является машинно-тракторный парк, который с начала рыночных преобразований

претерпевал постоянные изменения в сторону количественного и энергетического сокращения, а также морального и физического устаревания.

В современных условиях ведения хозяйственной деятельности товаропроизводители испытывают дефицит техники, что приводит к несвоевременности выполнения агротехнологических операций, значительным потерям урожая, является сдерживающим фактором в решении вопросов продовольственной безопасности. На рисунке 1 представлена динамика изменения парка основных видов сельскохозяйственной техники за период с 1990 по 2022 год.

1400  
1200  
1000  
800  
600  
400  
200  
0

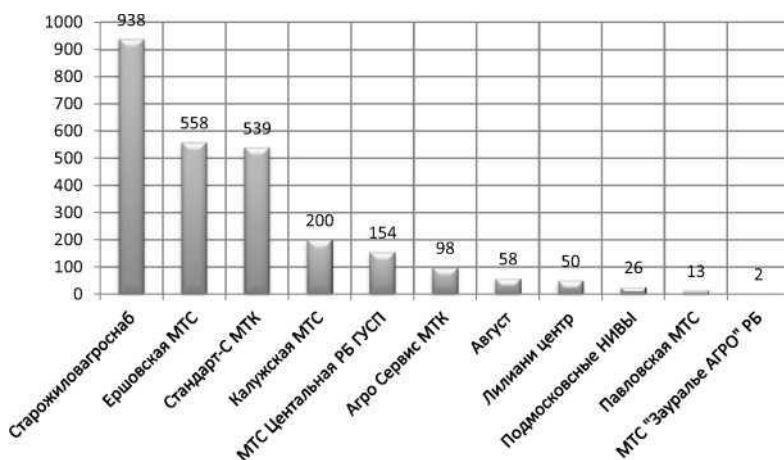
В современной структуре парка 58,22 % тракторов, 44,36 % зерноуборочных комбайнов и 41,74 % кормоуборочных комбайнов имеют срок службы 10 и более лет. Существующий уровень технического обеспечения является сдерживающим фактором в увеличении объемов производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на внутреннем рынке. Для повышения уровня технической обеспеченности сельского хозяйства на краткосрочную перспективу целесообразным является применение совместных форм машиноиспользования, которые с одной стороны, способны нивелировать дефицит техники для всех



**Рисунок 1 - Парк основных видов сельскохозяйственной техники, тыс. единиц [1]**



категорий сельскохозяйственных товаропроизводителей, а с другой стороны, повысить эффективность использования техники, увеличить наработку в сезон, обеспечить качественный ремонт и техническое обслуживание на специализированных площадках. Опыт технического оснащения современных машинно-технологических комплексов есть у АО «Росагролизинг». За период с 2017 по 2022 годы в рамках реализации проекта МТК, компанией АО «Росагролизинг» было поставлено 2636 единиц техники. На рисунке 2 представлена детализация поставок техники в МТК, которые осуществляют свою деятельность на территории различных субъектов Российской Федерации. Наиболее крупный проект реализован весной 2022 года в Рязанской области на базе ООО «Ста-рожиловагроснаб».

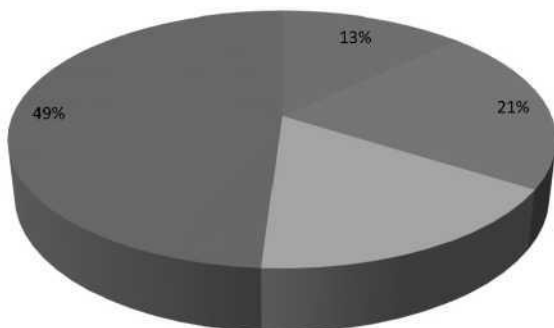


**Рисунок 2 - Поставки техники АО «Росагролизинг» в рамках реализации проектов МТК за период с 2017 по 2022 гг. [2]**

Безусловным достоинством подобной формы совместного машиноиспользования является оснащение МТК техникой отечественного производства, что позволяет оказывать комплексную поддержку как производителям, так и потребителям отечественной сельскохозяйственной техники, и направлено на развитие ремонтно-обслуживающей инфраструктуры (производство запасных частей и комплектующих, создание сервисных площадок,

формирование логистики движения материальных, информационных и финансовых потоков и т.д.).

Анализ структуры поставок техники на рисунке 3 свидетельствует о том, что МТК может предложить целый комплекс механизированных услуг (от обработки сельскохозяйственных угодий до уборки, транспортировки сырья и готовой продукции, уборки снега и



вывоза мусора на территории сельских поселений или раскорчевки земель в межсезонье для последующего введения их в сельхозоборот).

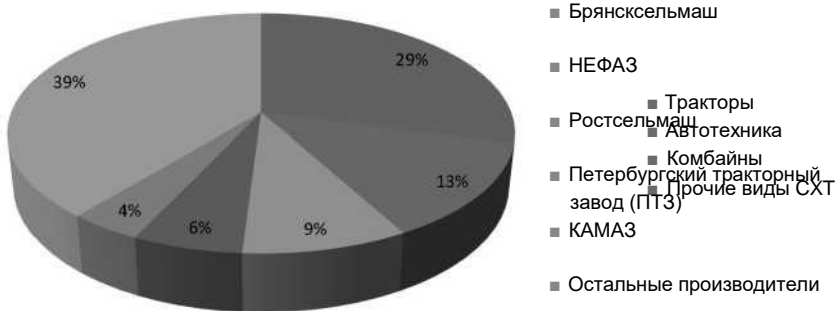


Рисунок 4 - Структура поставок техники в МТК за 2017-2022 гг. в разрезе производителей [2]  
 Рисунок 3 - Структура поставок техники МТК за 2017-2022 гг. [2]

Анализ парка техники существующих МТК свидетельствует о том, что наиболее популярными среди производителей отечественной сельскохозяйственной техники являются такие лидеры в этой отрасли как АО «Брянсксельмаш», ПАО «НЕФАЗ», ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш», АО «Петербургский тракторный завод», ПАО «КАМАЗ». Техника этих производителей составляет 41 % парка МТК.

Подводя итог, следует отметить, что создаваемые МТК в полной мере соответствуют контексту экономики совместного использования или коллаборативной экономики, набирающей популярность во всем мире и имеющей целью организацию рационального ресурсоиспользования. Рациональное использование машинно-тракторного парка в условиях МТК позволяет обеспечить полноценную загрузку техники, как в сезон полевых работ, так и в межсезонье. Рациональное использование финансовых ресурсов сельскохозяйственных товаропроизводителей, в первую очередь малых форм хозяйствования, которые без существенного финансового обременения могут получить своевременные и качественные механизированные услуги. Однако, при однозначно положительных эффектах, существует целый ряд организационно-экономических вопросов, требующих дополнительного исследования, в частности, налогообложение в отношении МТК, рациональное использование трудовых ресурсов, логистика поставок запасных частей, организация и выполнения работ по гарантийному и постгарантийному обслуживанию техники.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru>.
2. Официальный сайт АО «Росагролизинг» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rosagroleasing.ru>.
3. Трухачев, В. И. Лизинг в решении вопросов технического обеспечения аграрного сектора экономики / В. И. Трухачев, П. Н. Косов, Ю. В. Чутчева // В сб.: Чтения академика В.Н. Болтинского. Сборник статей. - Москва, 2022. - С. 10-18.
4. Трухачев, В. И. «Агротехнологии будущего» - научный центр мирового уровня / В. И. Трухачев, Ю. В. Чутчева // Экономика сельского хозяйства России. - 2021. - № 3. - С. 2-6.

5. Косов, П. Н. Лизинг в решении вопросов расширенного воспроизводства МТП отечественного аграрного сектора/П. Н. Косов, Ю. В. Чутчева // АПК: экономика, управление. - 2022. -№ 1.-С. 36-40.

6. Опыт субъектов Российской Федерации: тенденции и проблемы при приобретении сельскохозяйственной техники : монография / В. Н. Кузьмин, П. И. Бурак, Н. П. Мишуров, И. Л. Орсик, А. В. Горячева, А. П. Королькова, С. И. Сыпок, Т. Е. Маринченко, В. Т. Водяников, Ю. В. Чутчева, Ю. А. Конкин, А. К. Субаева, И. С. Санду, Д. А. Чепик. - М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса (Правдинский). - 2020. - 392 с.

7. Рынок сельскохозяйственной техники: проблемы и перспективы развития : монография // В. Н. Кузьмин, П. И. Бурак, И. Л. Орсик, Н. П. Мишуров, А. В. Горячева, В. Я. Гольяпин, А. П. Королькова, С. И. Сыпок, Т. Е. Маринченко, С. А. Давыдова, В. Т. Водяников, Ю. В. Чутчева, Ю. А. Конкин, А. К. Субаева, И. С. Санду, Д. А. Чепик. - М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса (Правдинский). - 2021. - 200 с.

8. Чутчева, Ю. В. К вопросу совместного использования машинно-тракторного парка в сельском хозяйстве / Ю. В. Чутчева, Ю. С. Коротких // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики.-2021.-№2.-С. 126-133.

*Об авторах:*

**Трухачев Владимир Иванович**, ректор ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор сельскохозяйственных наук, доктор экономических наук, профессор, академик РАН.

**Косов Павел Николаевич**, генеральный директор Акционерного общества «Росагролизинг» (125124, Российская Федерация, Москва, ул. Правды, д. 26).

*About the authors:*

**Vladimir I. Trukhachev**, rector of Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Agricultural), D.Sc. (Economic), professor, Academician of the Russian Academy of Sciences.

**Pavel N. Kosov**, General Director of the Joint-Stock Company Rosagroleasing (127434, Russian Federation, Moscow, Pravda St., 26).

## **К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЯГОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАКТОРОВ КИРОВЕЦ К-7М**

**С. А. Серебряков, Н. Л. Анисимов, М. И. Дмитриев**

*АО «Петербургский тракторный завод», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

*Аннотация. В работе представлены аналитические зависимости буксования для повышения точности прогнозирования тяговых характеристик современных тракторов серии К-7М «Кировец». В ходе исследования также определено значение рационального тягового усилия, которое соответствует максимальному значению тяговому КПД, для тракторов серии К-7 «Кировец».*

*Ключевые слова: сельскохозяйственный трактор 4К4б, колесный движитель, тяговая характеристика, коэффициент буксования.*

## **ON THE ISSUE OF PLOTTING THE POTENTIAL TRACTION CHARACTERISTICS OF KIROVETS K-7M TRACTORS**

**S. A. Serebryakov, N. L. Anisimov, M. I. Dmitriev**

*JSC Peterburgsky Tractorny Zavod, St. Petersburg, Russian Federation*

*Abstract. The article presents the calculated dependences of slipping for the most accurate prediction of traction characteristics of modern tractors of the K-7 «Kirovets» series. The study also determined the value of rational traction force corresponding to the maximum traction efficiency for tractors of the K-7 Kirovets series.*

*Keywords: agricultural tractor 4K4b, wheeled propulsion systems, traction characteristic, slip ratio.*

В процессе проектирования или совершенствования сельскохозяйственного трактора важно выполнить построение теоретической и потенциальной тяговых характеристик для оценки эффективности работы трактора в составе машинно-тракторного агрегата. Для построения тяговых характеристик необходимо определить буксование движителя трактора, которое оценивают по коэффициенту буксования. Обычно буксование определяют в процессе тяговых испытаний и представляют графически в зависимости от тягового усилия или удельного тягового усилия. В инженерной

практике для вновь проектируемых тракторов применяют расчетные зависимости буксования, либо используют зависимость буксования трактора-прототипа.

Многие существующие расчетные модели расчета буксования получены на основе обработки экспериментальных данных. Преимущество такие моделей заключается в простоте использования, однако они справедливы для определенных условий эксплуатации техники. Актуальность работы заключается в обосновании зависимости, подходящей для описания буксования современных тракторов компоновочной схемы 4К46, для изучения их тяговых характеристик. Цель работы заключается в выборе аналитической зависимости буксования для построения тяговой характеристики тракторов 4К46 серии К-7М «Кировец».

В процессе изучения научных работ выбраны зависимости определения значения буксования от тягового усилия, которые представлены в таблице 1. По уравнениям из таблицы 1 построены кривые буксования в функции от удельного тягового усилия  $G$  и совмещены с результатами тяговых испытаний тракторов серии К-7 «Кировец» с одинарными колесами, проведенных на машинно-испытательной станции по единой методике на стерне. Масса трактора принята 16161 кг. Результаты представлены на рисунке 1.

**Таблица 1 - Существующие расчетные зависимости буксования и значения  $R$**

№	Уравнение	Источник	$R^2$
1	$\hat{\lambda} = -0,05 \ln \frac{D-G}{I u - G J}$	[1]	0
2	$\hat{\lambda} = \frac{A}{B} \ln \frac{1}{\max - \Phi A}$	[2]	0,704
3		[3]	0,291
4	$\hat{\lambda} = B'$	[4]	0,149
5	$\hat{\lambda} = 0,110^{-v_{тр}}$	[5]	0,685

Обозначения, принятые в таблице 1:

Для трактора со всеми ведущими колесами вес  $G — m_{mp} \cdot g$

$P_k$  - сила тяги на ведущих колесах;

$B = \Phi > \cdot \max$  - коэффициент сцепления шин с грунтом;

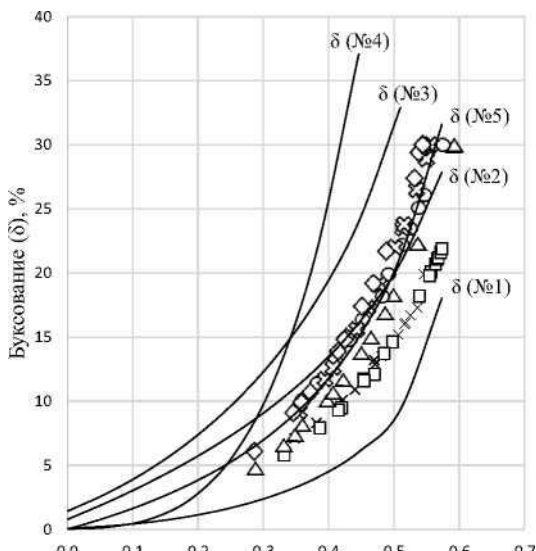
$\hat{\alpha}_{кр\max}$ ,  $\langle \Delta_{кр}$  - максимальное и текущее значения удельного тягового усилия на крюке;

$A$ ,  $B$  - коэффициенты, зависящие от типа трактора, типа и состояния опорной поверхности, для трактора 4К46, движущегося по стерне:  $L = 0,708,5 = 7,15$ ,  $\hat{\alpha}_{кр\max} = 0,67$  [1];

$P_{k\max}$  - максимальное касательное тяговое усилие;

$n$  - экспериментальный коэффициент; для стерни принято  $n = 4,1$  [5].

Для оценки степени соответствия расчетных зависимостей буксования экспериментальным данным выбран коэффициент аппроксимации  $R^2$ . Результаты расчета приведены в таблице 1.



Удельное тяговое усилие на крюке (фкр)

X №1 (710/70R38)

□ №2 (710/70R38)

A №3 (710/70R38)

O №4 (30,5R32)

\* №5 (30,5LR32)

o №6 (800/65R32)

**Рисунок 1 - Сопоставление кривых буксования с экспериментальными данными**

$$R^2 = 1 -$$

где  $y_i$  - фактическое значение;  $Y$ , - значение аппроксимирующей функции;

$\bar{y}$  - среднее арифметическое.

Как показано на рисунке 1, кривая № 2 ( $R^2 = 0,704$ ) и кривая № 5 ( $R^2 = 0,685$ ) наиболее удовлетворительно описывают экспериментальные данные среди всех рассмотренных зависимостей буксования.

Для анализа, обобщения и практического использования данные тяговых испытаний тракторов серии К-7 «Кировец» были аппроксимированы экспоненциальной зависимостью. Полученные расчетные зависимости буксования и соответствующие значения коэффициента аппроксимации  $R^2$  приведены в таблице 2.

**Таблица 2 - Полученные расчетные зависимости буксования**

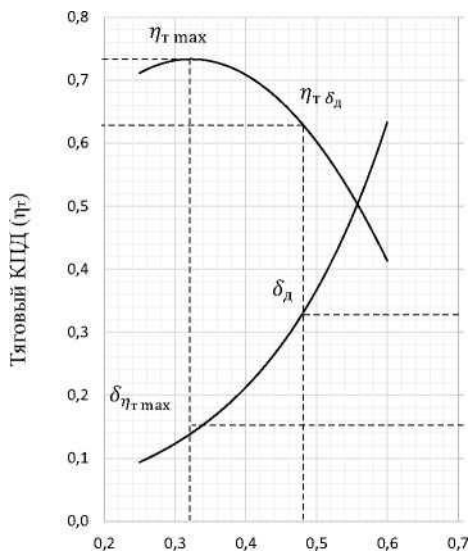
№	Уравнение	$R^2$	Получено на основе тяговых испытаний тракторов Кировец К-7
1	$\delta = 1,1977 \cdot e^{5,4585\lambda}$	$R^2 = 0,852$	с посадочными диаметрами шин 32" и 38"
2	$\delta = 1,0809 \cdot Y''$	$R^2 = 0,959$	с посадочным диаметром шин 38"
3	$\delta = 1,3018 \cdot$	$R^2 = 0,9861$	с посадочным диаметром шин 32"

Учитывая, что экспериментальные данные получены при определенном диапазоне изменения тягового усилия, уравнения №1-№3из таблицы 2 справедливы для  $\phi_{кр} \in [0,29;0,6]$ .

Для выбора оптимального удельного тягового усилия выполнено построение кривой тягового КПД по уравнению, полученному при обработке опытных данных, и кривой буксования, с использованием уравнения № 1 таблицы 2, в зависимости от удельного тягового КПД. На рисунке 2 показано графическое представление зависимостей.

Как показано на рисунке 2, максимальное значение  $\eta_{max}$  получено при  $\rho_{кр} = 0,32$ , при этом  $\beta = 7\%$ . Допустимому коэффициенту буксования = 16 % соответствует удельное тяговое усилие равное  $\hat{\rho}_{кр} = 0,48$ .





Удельное тяговое усилие на крюке (фкр)

**Рисунок 2 - Оптимальное удельное тяговое усилие на стерне**

В результате выявлены расчетные зависимости буксования с наименьшей погрешностью, которые описывают экспериментальные данные тяговых испытаний тракторов «Кировец» серии К-7, а также в результате обработки экспериментальных данных получены новые зависимости для расчетной оценки буксования. Установлено оптимальное значение удельного тягового усилия тракторов серии К-7 «Кировец». Полученные результаты исследования могут быть использованы для прогнозирования буксования в ходе построения потенциальной и теоретической тяговых характеристик тракторов компоновочной схемы 4К46 серии К-7М «Кировец».

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Носов, Н. А. Тягово-экономический расчёт трактора: методические указания / Н. А. Носов, В. Ю. Павлов, А. Д. Самойлов. - СПб : СПб.гос.техн.ун-т, 1995. - 30 с.

1. Городецкий, К. И. Обобщенные тяговые показатели сельскохозяйственных тракторов / К. И. Городецкий, А. П. Парфенов, А. М. Лавлинский // Тракторы и сельхозмашины. - 2017. - №2. - С. 3-8.

3. Гинзбург, Ю. В. Промышленные тракторы / Ю. В. Гинзбург, А. И. Швед, А. П. Парфенов. - М. : Машиностроение, 1986. - 293 с.

4. Махмутов, М. М. Тягово-сцепные свойства колесных машинно-тракторных агрегатов / М. М. Махмутов, Н. В. Кондаурова // Научное обозрение. Технические науки. - 2016. - №3. - С. 70-71.

5. Селиванов, Н. И. Показатели динамических и тягово-сцепных свойств тракторов «Кировец» серии К-744 / Н. И. Селиванов, В. Н. Запрудский // Вестник КрасГАУ. - 2012. - №5. - С. 297-305.

*Об авторах:*

**Серебряков Сергей Александрович**, директор АО «Петербургский тракторный завод» (198097, Российская Федерация, Санкт-Петербург, пр. Стачек, 47).

**Анисимов Николай Леонидович**, ведущий инженер конструктор, АО «Петербургский тракторный завод» (198097, Российская Федерация, Санкт-Петербург, пр. Стачек, 47).

**Дмитриев Михаил Игоревич**, начальник инженерного отдела - главный конструктор АО «Петербургский тракторный завод» (198097, Российская Федерация, Санкт-Петербург, пр. Стачек, 47), кандидат технических наук.

*About the authors:*

**Sergej A. Serebryakov**, Director of JSC «Peterburgsky Tractomy Zavod» (198097, Russian Federation, St. Petersburg, Stachek Ave., 47).

**Nikolaj L. Anisimov**, project engineer JSC «Peterburgsky Tractomy Zavod» (198097, Russian Federation, St. Petersburg, Stachek Ave., 47),

**Mikhail I. Dmitriev**, Head of the Engineering Department - Chief Designer of JSC «Peterburgsky Tractomy Zavod» (198097, Russian Federation, St. Petersburg, Stachek Ave., 47), Cand.Sc. (Engineering).

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАКТОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. О. Олейник**

*ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет  
имени П.А. Костычева», г. Рязань, Российская Федерация*

*Аннотация. Описано техническое решение, позволяющее реализовать предиктивный подход к оценке образования вредных веществ в режиме реального времени и их адаптивной нейтрализации с применением цифровизованной системы оценки и прогнозирования выброса компонентов отработавших газов при выполнении сельскохозяйственных механизированных работ в режиме реального времени.*

*Ключевые слова: отработавшие газы, токсичность, дымность, дизельный двигатель, нейтрализатор, оксид углерода, окислы азота, углеводороды, сажа, цифровизованная система.*

## **IMPROVING ENVIRONMENTAL SAFETY IN THE OPERA- TION OF TRACTORS USING DIGITAL TECHNOLOGIES**

**A. V. Shemyakin, S. N. Borychev, D. O. Oleinik**

*Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan,  
Russian Federation*

*Abstract. A technical solution is described that allows implementing a predictive approach to assessing the formation of harmful substances in real time and their adaptive neutralization using a digitalized system for estimating and predicting the emission of exhaust gas components when performing agricultural mechanized work in real time.*

*Keywords: exhaust gases, toxicity, smokiness, diesel engine, neutralizer, carbon monoxide, nitrogen oxides, hydrocarbons, soot, digitalized system.*

В условиях современного агропромышленного комплекса практически все сельхозтоваропроизводители имеют смешанный парк техники, включающий гарантийные и не гарантийные отечественные и импортные трактора, комбайны, самоходные шасси, как новые, так и вторичного рынка. Во многих хозяйствах

значительную часть парка машин составляет устаревшая отечественная техника, давно выработавшая свой технический ресурс.

Для поддержания машинно-тракторного парка в актуальном состоянии он должен обновляться на 13 % в год, в реальности процент обновления примерно в три раза ниже, такими темпами обновить машинно-тракторный парк хозяйств пока не представляется возможным. Необходимо разрабатывать мероприятия по эффективной производственной и технической эксплуатации имеющихся в хозяйствах отечественных машин с вышедшими нормативными сроками амортизации и эксплуатации с учетом современных нормативных требований, в том числе в области экологической безопасности, т.к. в те времена, когда упомянутая выше техника была выпущена, ещё не существовало жестких экологических нормативов, таких как Stage, Tier, Euro и все вопросы безопасной эксплуатации сводились к обеспечению приемлемых условий труда персонала при работе в помещениях ограниченного объема и воздухообмена сельхозназначения (теплицы, склады, и пр.), т.е. минимизации содержания того или иного компонента в атмосфере рабочей зоны.

Множество производственных процессов, технологических и транспортных операций в сельскохозяйственном производстве выполняются с применением энергетических средств и самоходных машин, оснащенных дизельными двигателями внутреннего сгорания - тепловыми машинами, обязательным элементом функционирования которых является образование отработавших газов (ОГ).

По уровню потребления топлива, выбросов в атмосферу и общей мощности двигателей сельско- и лесохозяйственные машины занимают второе место после автомобильного транспорта и значительно опережают железнодорожный транспорт, речной флот, дорожно-строительные машины и даже авиацию [1].

ОГ дизельных двигателей - это сложная по составу многокомпонентная аэродисперсная система, состоящая из газовой среды, в которой взвешены твердые и жидкие частицы [2]. ОГ содержат более 1000 различных веществ, из которых порядка 400 являются вредными веществами, оказывающими токсичное воздействие на окружающую среду [3], опасными для здоровья персонала [1], а также сельскохозяйственных животных и культур [4].

Вредные вещества, оказывающие токсичное действие на окружающую среду, персонал, сельскохозяйственных животных и культуры можно разделить на группы, по характеру их воздействия: токсичные вещества - окись углерода, оксиды азота, углеводороды, альдегиды, оксиды серы, сероводород и др., канцерогенные вещества - бенз-а-пирен и ряд других углеводородов, вещества удушающего действия - диоксид углерода. Следует выделить также «векторы» - дисперсные частицы способные абсорбировать и транспортировать молекулы токсичных и канцерогенных веществ [4]. По объему на 99,00.. 99,98 % ОГ состоят из продуктов полного сгорания топлива и на 0,02...1,00 % из токсичных и канцерогенных компонентов [4].

В Рязанском государственном агротехнологическом университете более 30 лет существует научное направление, занимающееся разработкой технологий и средств для очистки отработавших газов дизельных двигателей, основанных на различных технических принципах.



**Рисунок 1 - Навигационно-связное устройство (слева) и устройство для очистки отработавших газов (справа)**

Повышение эффективности очистки отработавших газов от дизельного двигателя сельскохозяйственной техники в условиях эксплуатации возможно путем реализации технологических и технических решений, обеспечивающих предиктивный подход к оценке образования вредных веществ в режиме реального времени и их адаптивной нейтрализации с применением цифровизованной системы оценки и прогнозирования выброса компонентов отработавших газов при выполнении сельскохозяйственных механизированных работ в режиме реального времени, в основе которой

лежит разработанная адаптивная модель расчета объемного, массового и удельного состава токсичных компонентов отработавших газов [5, 6].

Предлагается дооборудовать мобильное энергетическое средство навигационно-связным устройством (созданным в рамках научно-технического проекта совместно с Министерством промышленности, инновационных и информационных технологий Рязанской области [7]) дополненным датчиком расхода топлива Eurosens Direct PN 100 и устройством для очистки отработавших газов (Патенты №204359 [8], RU 83292U1, 27.05.2009, RU 86665 U1, RU 77353 U1) Навигационно-связное устройство имеет аккаунт в телематической системе спутникового контроля и мониторинга, а полученные данные обрабатываются «Программой для расчета выброса компонентов отработавших газов».

Различные варианты оценивания экономического эффекта, основанные на оценке снижения общего ущерба здоровью персонала сельскохозяйственного предприятия, сельскохозяйственным животным, сельскохозяйственным культурам, экономии на оплате экологических пошлин и пр. демонстрируют, что внедрение подобных решений дает положительный экономический эффект.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Баширов, Р. М. Автотракторные двигатели: конструкция, основы теории и расчета / Р. М. Баширов. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - ISBN 978-5-507-45777-9. - 336 с.
2. Основы электрогазодинамики дисперсных систем. - М. : Энергия, 1974.- 478 с.
3. ГОСТ 17.2.2.07-2000. Атмосфера. Поршневые двигатели внутреннего сгорания для малогабаритных тракторов и средств малой механизации. Нормы и методы измерения выбросов вредных веществ с отработавшими газами и дымности отработавших газов: государственный стандарт Российской Федерации : введен впервые : дата введения 2001-07-01 / Госстандарт России. - М. : Изд-во стандартов, 2000. - II, 9 с.
4. Method and device for reducing the toxicity of diesel engine exhaust gases / D.O. Oleynik, N.V.Byshov, A.V.Nelidkin [and other] //International Journal of Engineering and Technology (UAE). - 2018. - Т. 7. - № 4.36. - С. 920-928.
5. Дидманидзе, О. Н. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. - 2020. - Т. 21, № 1.- С. 74-85.

6. Дидманидзе, О. Н. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. - 2020. - Т. 21, № 1.- С. 74-85.

7. Разработка опытного образца бортового навигационно-связного устройства на платформе ГЛОНАСС / Д.О. Олейник, В.В. Елистратов, Якунин Ю.В. [и др.] // Научный журнал «Современные проблемы науки и образования». - 2014. -№6.- С. 335.

8. Пат. RU 204359 Российская Федерация, F01N 3/02. Устройство для очистки отработавших газов двигателей внутреннего сгорания: № 2020143035: заявл. 2020.12.24 : опубл. 2021.05.21 / Бышов Николай Владимирович (RU), Олейник Дмитрий Олегович (RU), Нелидкин Александр Вячеславович (RU); Патентообладатели: ФГБОУ ВО РГАТУ (RU). -6 с.

*Об авторах:*

**Шемякин Александр Владимирович**, ректор ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (390044, Российская Федерация, Рязанская область, Рязань, ул. Костычева, д. 1), доктор технических наук, профессор.

**Борычев Сергей Николаевич**, первый проректор ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (390044, Российская Федерация, Рязанская область, Рязань, ул. Костычева, д. 1), доктор технических наук, профессор.

**Олейник Дмитрий Олегович**, заместитель декана ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (390044, Российская Федерация, Рязанская область, Рязань, ул. Костычева, д. 1), кандидат технических наук, доцент.

*About the authors:*

**Alexander V. Shemyakin**, Rector of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev (390044, Russian Federation, Ryazan Region, Ryazan city, Kostycheva str., 1), D.Sc. (Engineering), Professor.

**Sergey N. Borychev**, The first vice-rector of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev (390044, Russian Federation, Ryazan region, Ryazan city, Kostycheva str., 1), D.Sc. (Engineering), Professor.

**Dmitry O. Oleinik**, Deputy Dean of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev (390044, Russian Federation, Ryazan region, Ryazan city, Kostycheva str., 1), Cand.Sc. (Engineering), Associate Professor.

## ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗИФИКАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

**Б. Г. Зиганшин<sup>1</sup>, Н. Н. Фахреев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Российская Федерация

*Аннотация. По статистике птицеводство является наиболее развивающейся отраслью АПК. Следует предположить, что птицеводство продолжит свое развитие, следовательно, увеличится количество образующихся отходов жизнедеятельности птицы, требующих утилизации. Наиболее перспективным направлением является термическая утилизация с получением двух полезных продуктов: синтез-газа для двигателей внутреннего сгорания со встроенным электрогенератором и золы, пригодной в качестве удобрения.*

*Ключевые слова: газификационная установка; двигатель внутреннего сгорания; птицеводство.*

## APPLICATION OF A GASIFICATION PLANT FOR GENERATING ELECTRICITY IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES

**B. G. Ziganshin<sup>3</sup>, N. N. Fakhreev<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> Kazan State Agrarian University, Kazan, Russian Federation

<sup>b</sup> Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russian Federation

*Abstract. According to statistics, poultry farming is the most developing branch of the agro-industrial complex. It should be assumed that poultry farming will continue its development, therefore, the amount of generated waste of poultry requiring disposal will increase. The most promising direction is thermal utilization with the production of two useful products: synthesis gas for internal combustion engines with a built-in electric generator and ash suitable as fertilizer.*

*Keywords: gasification plant, internal combustion engine, poultry farming.*

Согласно отчёту Федеральной службы государственной статистики, поголовье птиц в хозяйствах всех категорий в Российской



Федерации за последние десять лет выросло с 473 252,921 до 519 778,5 тыс. голов. По нашим расчётам, это соответствует приросту поголовья на 8,95 % [1]. Развитие птицеводства в России сопровождается расширением сети средних и крупных птицефабрик в непосредственной близости к населённым пунктам и городам, что является объектом научных интересов, преследуемых авторами.

Изучив различные конструкционные решения газификационных установок [2, 3] при явных преимуществах по сравнению с классическим способом утилизации отходов птицеводства, а именно, уменьшение объема отхода методом подсушивания, выявились недостатки, которые заключаются в низкой экологической эффективности, связанной с образованием азотных соединений. Азот присутствует в воздухе, который является интенсификатором процесса газификации в классических газификационных установках.

Авторами продолжилась работа по поиску и обоснованию новой конструкции газификационной установки, которая могла бы обеспечить экологически чистой энергией птицеводческое предприятие.

Проведенные математические расчеты и моделирование процесса газификации показали необходимость удаления интенсификатора - воздуха из процесса газификации [4, 5].

Исключить высокое содержание азота (N<sub>2</sub>) из продуктов газификации можно, применяя в качестве газифицирующего агента водяной пар, так как в водяном паре отсутствует азот (N<sub>2</sub>), присущий воздуху и воздушной газификации.

При водяной конверсии благодаря паровой газификации происходит следующая реакция:

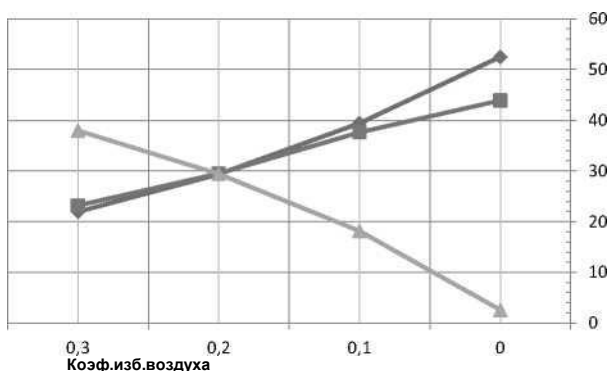


При паровой газификации наблюдается снижение концентрации такого вредного для окружающей среды соединения, как оксид азота (NO). Следующая реакция разложения монооксида азота на атомарный азот обосновывает экологичность предлагаемой газификационной установки:



При этом наблюдается повышение концентрации горючих компонентов в синтез-газе. Так, при снижении коэффициента

избытка воздуха до нулевых значений теплотворная способность достигает 11000 кДж/кг (рисунок 1).



**Рисунок 1 - График изменения состава синтез-газа при газификации птичьего помёта**

Расчётные значения теплотворной способности синтез-газа, полученные из биомассы при воздушной газификации, были значительно ниже, чем теплотворная способность синтез-газа, получаемая без подачи воздуха и с внешней подачей тепловой энергии. Это, прежде всего, из-за наличия негорючих веществ, в основном, азота (N<sub>2</sub>) и в меньшей степени воды (H<sub>2</sub>O) и углекислого газа (CO<sub>2</sub>).

При этом CO<sub>2</sub> вступает в реакцию:



Как правило, оксид углерода (CO), водород (H<sub>2</sub>), углекислый газ (CO<sub>2</sub>), азот (N<sub>2</sub>), вода (H<sub>2</sub>O) и метан (CH<sub>4</sub>) считаются продуктами газификации. Все представленные составляющие синтез-газа образуются при термической деструкции органических отходов птицеводства (помёта) и участвуют в химических реакциях.

Полученные результаты позволили разработать и сконструировать новую газификационную установку, работающую по принципу кипящего слоя. Интенсификатором газификации является водяной пар.

Потребление получаемого синтез-газа возможно в двигателях внутреннего сгорания, работающих на газе, бензине или в

двухтопливных двигателях, преобразованных для работы на газообразном топливе [6].

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Официальный сайт РОССТАТа [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://cbsd.gks.ru>.

2. Фахреев, Н. Н. Экспериментальные исследования процесса утилизации подстилочного помета птицы методом термического разложения с применением паровой газификации / Н. Н. Фахреев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. - № 10(192). - С. 133-137.

3. Дидманидзе, О. Н. Современный уровень развития двигателей с газомоторной и электрической силовой установками на транспортно-тяговых средствах / О. Н. Дидманидзе, А. С. Гузалов, Н. А. Большаков // Международный технико-экономический журнал. - 2019. - № 4. - С. 52-59. - DOI 10.34286/1995-4646-2019-67-4-52-59. - EDN YVBMVM.

4. Зиганшин, Б. Г. Математическое моделирование и экспериментальные исследования газификации отходов птицеводства / Б. Г. Зиганшин, И. Х. Гайфуллин, Н. Н. Фахреев // Техника и технологии в животноводстве. - 2022. - № 3 (47). - С. 78-84.

5. Патент № 2754911 С1 Российская Федерация, МПК С10J 3/20, F23G 5/027, В09В 3/00. Установка для газификации углеродсодержащих отходов : № 2021104704 : заявл. 11.11.2020 : опубл. 09.09.2021 / Р. Я. Дыганова, А. В. Демин, Н. Н. Фахреев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет».

6. Mini-central heating and power plant (CHP): the choice of the optimal structure and modes of operation / I. R. Gil'Manshin, I. A. Konahina, N. F. Kashapov, N. N. Fahreev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering ser. «Innovative Mechanical Engineering Technologies, Equipment and Materials-2013». - 2014. - 3 P.

7. Математическая модель процесса сгорания и тепловыделения в цилиндре газового двигателя / М. Н. Ерохин, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Р. Т. Хакимов // Чтения академика В.Н. Болтинского (115 лет со дня рождения) : Сборник статей семинара, Москва, 22-24 января 2019 года / Под редакцией М. Н. Ерохина. - М. : ООО «Мегаполис», 2019. - С. 19-28.

8. Дидманидзе, О. Н. Исследования показателей тепловыделения газовых двигателей / О. Н. Дидманидзе, А. С. Афанасьев, Р. Т. Хакимов // Записки Горного института. - 2018. - Т. 229. - С. 50-55.

*Об авторах:*

**Зиганшин Булат Гусманович**, первый проректор - проректор по научной работе и цифровой трансформации ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет» (420015, Российская Федерация, Республика Татарстан, Казань, ул. К. Маркса, 65), доктор технических наук, профессор, профессор РАН, Pr.science@kazgau.com.

**Фахреев Наиль Насихович**, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (420066, Российская Федерация, Республика Татарстан, Казань, ул. Красносельская, 51), fakhreevnn@yandex.ru.

*About the authors:*

**Bulat G. Ziganshin**, First Vice-Rector - Vice-Rector for Research and Digital Transformation of Kazan State Agrarian University (420015, Russian Federation, Republic of Tatarstan, Kazan, K. Marx str., 65), D.Sc. (Engineering), Professor, Professor of the Russian Academy of Sciences, Pr.sci-ence@kazgau.com.

**Nail N. Fakhreev**, Senior Lecturer of Kazan State Power Engineering University (420066, Russian Federation, Republic of Tatarstan, Kazan, Krasnoselskaya str., 51), fakhreevnn@yandex.ru.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА ТРАКТОРОВ КИРОВЕЦ

**В. А. Крючков<sup>1</sup>, М. И. Дмитриев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>АО «Петербургский тракторный завод», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

*Аннотация. Предложен вариант метода моделирования кинематики механизма поворота трактора Кировец при помощи программной среды MatLab Simulink. Модель позволяет получить оптимальные параметры кинематических звеньев механизма поворота в зависимости от массово-габаритных характеристик трактора, параметров гидросистемы и состояния трансмиссии. Приведено сравнение с классической методикой. Показан состав модели, включающий три отдельных модуля. Продемонстрирован результат пробного расчета.*

*Ключевые слова: сельскохозяйственный трактор, трактор Кировец, математическая модель, механизм поворота, шарнирно-сочлененная рама.*

## MODELING THE KINEMATICS OF THE TURNING MECHANISM OF KIROVETC TRACTORS

**V. A. Kryuchkov<sup>a</sup>, M. I. Dmitriev<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

<sup>b</sup>JSC Peterburgsky Tractorny Zavod, St. Petersburg, Russian Federation

*Abstract. A variant of the method for modeling the kinematics of the turning mechanism of Kirovetc tractor using the MatLab Simulink software environment is proposed. The model makes it possible to obtain the optimal parameters of the kinematic links of the turning mechanism, depending on the mass-dimensional characteristics of the tractor, the parameters of the hydraulic system and the state of the transmission. A comparison with the classical method is given. The composition of the model is shown. It contains three separate modules. The result of a test calculation is demonstrated.*

*Keywords: agricultural tractor, Kirovetc tractor, mathematical model, turning mechanism, articulated frame.*

Совершенствование механизма поворота является актуальной задачей с точки зрения улучшения основных эксплуатационных показателей. Для тракторов семейства Кировец характерны высокие нагрузки в шарнире механизма поворота и значительные усилия сопротивления повороту. Эти обстоятельства, отдельные конструктивные ограничения, а также необходимость учета большого числа колеблющихся внешних и внутренних факторов усложняют поиск наилучшего расположения звеньев кинематики механизма поворота.

В настоящее время кафедра тракторов и автомобилей РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева проводит совместные работы с АО «Петербургский тракторный завод» по различным направлениям, среди которых совершенствование кинематики механизма поворота тракторов Кировец и обоснование ее параметров.

Компоновка тракторов семейства Кировец осуществлена по схеме 4к4б с шарнирно-сочлененной рамой [1, 2]. Основной вертикальный шарнир, связывающий полурамы, обеспечивает их складывание в горизонтальной плоскости.

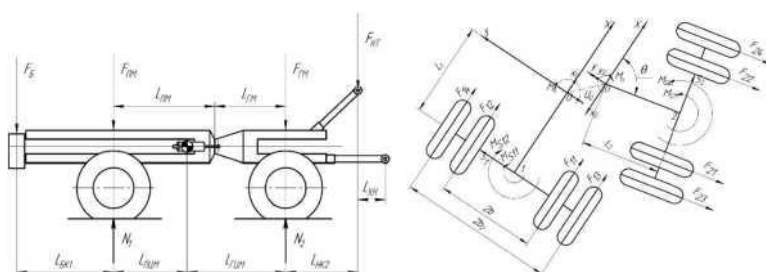
Назначение описываемого моделирования - определение оптимальных параметров кинематических звеньев механизма поворота в зависимости от массово-габаритных характеристик трактора, параметров гидросистемы поворота и состояния трансмиссии, составляющих не менее 16 переменных и вариативов.

Существует классическая для тракторов Кировец методика расчета параметров механизма поворота [2]. Однако она рассматривает только один вариант взаимного расположения звеньев кинематической схемы. Главным недостатком является необходимость построения ряда номограмм зависимости геометрических параметров от силовых для каждой комбинации переменных, что трудоемко. Кроме этого, анализ механизма показал, что его работа может быть описана 21 вариантом перемещения звеньев, что ранее не учитывалось.

Итоговая модель разрабатывалась в системе MatLab Sim- ulink. Ввиду особенностей среды MatLab [3] модель поделена на последовательно работающие модули, перемещение данных между которыми осуществляется вручную.

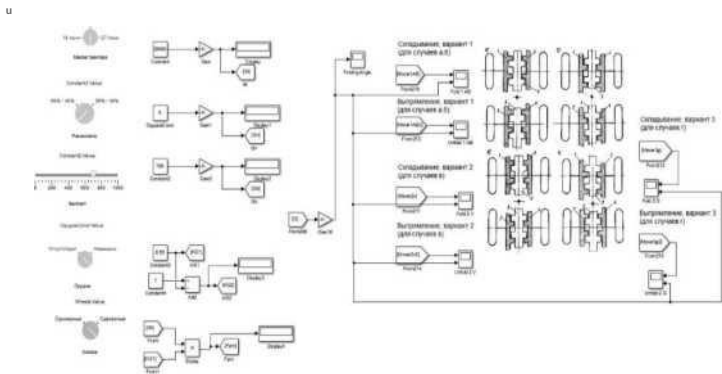
Первый модуль - генератор исходных данных - определяет величину момента сопротивления повороту в зависимости от угла

складывания трактора. За его основу были приняты расчетные зависимости классической методики, модифицированные с учетом особенностей используемых переменных и вариативов (рисунок 1).



Выбор вариантов расчета осуществляется через специальный интерфейс, в котором вариативы выбираются переключателями, а переменные - ползунками (рисунок 2). Параметр состояния трансмиссии просчитывается одновременно по всем критериям, а интересующий выбирается по окончании расчета. Результатом является график момента сопротивления при складывании и выпрямлении.

Второй модуль виртуально прорабатывает поворот машины раз за разом подставляя различные величины углов расстановки цилиндров и пересчитывая длину коромысла механизма поворота. Интерфейс допускает только ввод констант параметров гидросистемы, полученных моментов сопротивления из предыдущего модуля и желаемого угла складывания. Здесь в трех параллельно об-считываемых блоках учитываются различия в перемещениях основных звеньев, а также проводится проверка истинности процесса на основании длины коромысла и возможности складывания полурам. На рисунке 3 показан результат пробной работы модели по параметрам существующего трактора серии К-7М с принципом выбора угла между штоком и коромыслом  $u$  и длины коромысла  $R_i$ .



**Рисунок 2 - Окно рабочего пространства MatLab Simulink с звеньями выбора вводимых переменных (слева) и вывода результата (справа)**

Третьим модулем выступает определитель координат. В него вводятся данные, полученные в предыдущем модуле по длине комысла и углу, и выводятся координаты в горизонтальной проекции относительно центра шарнира (рисунок 4).

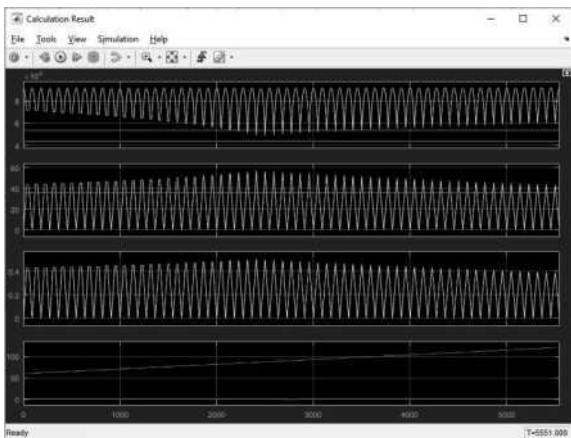
**Выводы:**

Представленная математическая модель позволяет на этапе проектирования просчитать работу кинематических звеньев механизма поворота с учетом значительного числа внешних и внутренних факторов.

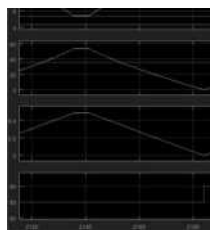
В отличие от классической методики, математическая модель позволяет учесть все возможные варианты взаимного расположения кинематических звеньев в начале работы и в процессе перемещения.

Работа математической модели значительно ускоряет и упрощает процесс проектирования кинематической схемы механизма поворота по сравнению с классической методикой, так как расчет всех возможных положений для одного варианта комбинации переменных составляет не более 2 минут.

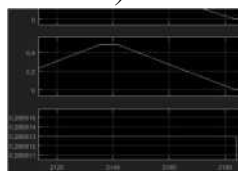




а)



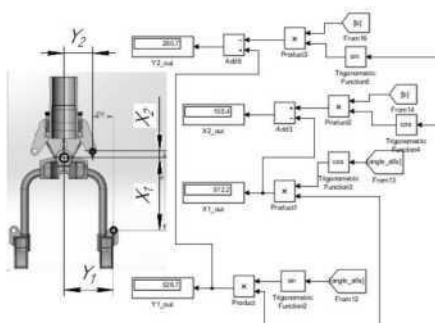
б)



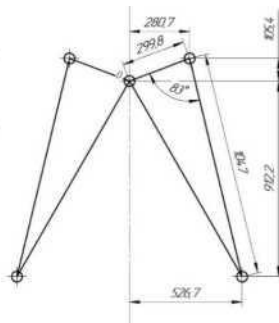
в)

**Рисунок 3 - Результат расчета и его обработка:**

а - графики поворачивающего момента, угла складывания, хода цилиндра, угла  $\gamma$  с длиной  $R_1$ ; б - нахождение угла  $\gamma$ ; в - нахождение длины коромысла  $R_1$



а)



б)

**Рисунок 4 - Результат работы модели:**

а - вывод в пространстве среды MatLab; б - воспроизведение по координатам

Результатами расчетов при помощи математической модели показано, что для серийно выпускаемого в настоящий момент трактора серии К-7М возможно увеличить угол складывания полурам с 32 до 36 градусов и снизить при этом давление в гидросистеме поворота с 21 до 18 МПа только за счет изменения расположения кинематических звеньев механизма поворота.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шарипов, В. М. Конструирование и расчет тракторов / В. М. Шарипов - М. : Машиностроение, 2009. - 752 с.
2. Теория и расчет трактора «Кировец» / Е. А. Шувалов [и др.], под общей редакцией А. В. Бойкова. - Л. : Машиностроение, 1980. - 208 с.
3. Borcosi, I. The simulation of cyclic codes using MATLAB Simulink simulation programming environment /1. Borcosi, D. L. Nebunu // 12th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2012: conference Proceedings, Albena, 17-23 June 2012. Sofia: STEF92 Technology Ltd., 2012. pp. 269-276.
4. Дидманидзе, О. Н. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. - 2020. - Т. 21, № 1. - С. 74-85. - DOI 10.30766/2072-9081.2020.21.1.74-85.
5. Дидманидзе, О. Н. Основы оптимального проектирования машинно-тракторных агрегатов / О. Н. Дидманидзе, Р. Н. Егоров. - М. : Учебно-методический центр «Триада», 2017. - 230 с.
6. Дидманидзе, О. Н. Теория и расчет сельскохозяйственного трактора / О. Н. Дидманидзе, В. А. Самсонов. - М.: Московский государственный аграрно-инженерный университетим. В.П. Горячкина, 1999. - 147 с.

### *Об авторах:*

**Крючков Виталий Алексеевич**, ведущий научный сотрудник кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, kryuchkov.vitaliy@gmail.com.

**Дмитриев Михаил Игоревич**, начальник инженерного отдела - главный конструктор АО «Петербургский тракторный завод» (198097, Российская Федерация, Санкт-Петербург, пр. Стачек, 47), кандидат технических наук.

### *About the authors:*

**Vitaly A. Kryuchkov**, Leading Scientist of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), kryuchkov.vitaliy@gmail.com.

**Mikhail I. Dmitriev**, Head of the Engineering Department - Chief Designer of JSC «Peterburgsky Tractomy Zavod» (198097, Russian Federation, St. Petersburg, Stachek Ave., 47), Cand.Sc. (Engineering).

## КОМБИНИРОВАННЫЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ

**Н. В. Алдошин**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

*Аннотация. Предложена технология повышения плодородия почвы при внутрпочвенном внесении жидких органических удобрений с высевом сидеральной культуры. Разработан комбинированный агрегат для реализации предложенной технологии на основе шланговых систем внесения удобрений.*

*Ключевые слова: жидкое органическое удобрение, комбинированный агрегат, шланговая система внесения удобрений, сидеральная культура.*

## COMBINED UNIT FOR INCREASING SOIL FERTILITY

**N. V. Aldoshin**

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

*Abstract. The technology is proposed to increase soil fertility with intra-soil application of liquid organic fertilizers with seeding of a sideral crop. A combined unit has been developed to implement the proposed technology based on hose fertilizer application systems.*

*Keywords: liquid organic fertilizer, combined unit, hose system of fertilizer application, sideral culture.*

Одним из основных требований к отрасли растениеводства является получение планируемых урожаев с заданными параметрами качества продукции и расширенного воспроизводства плодородия почв в агроэкосистемах. Для этого необходимо обеспечивать необходимый уровень плодородия почвы. Одними из направлений решения этой задачи являются внесение органических удобрений и выращивание сидеральных культур [1, с. 42].

Существует технология внутрпочвенного внесения жидких органических удобрений с помощью шланговых систем [2, с. 247]. Она имеет ряд преимуществ: максимальное обеспечение

питательными веществами выращиваемых культур; использование до 90 % аммиачного азота, содержащегося в жидком навозе [3, с. 463]; исключение поверхностного стока и существенное снижение испарения аммиака в атмосферу; ускоренное разложение растительных остатков и сидератов после заделки их в почву; равномерное распределение органических удобрений на большую глубину (до 36...40 см) слоя почвы; снижение неблагоприятных экологических последствий внесения больших доз жидкого навоза [4, с. 133].

Учеными кафедры сельскохозяйственных машин РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева предложена технология внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений с одновременным высевом сидеральных культур [5, с. 8].

Составными частями оборудования для реализации предложенной технологии являются:

- напорная шланговая система для транспортировки жидких органических удобрений от места накопления и хранения до поля;

- чизельный глубокорыхлитель-щелеватель с катком, выполняющий рыхление почвы, инъекцию заданной дозы удобрений внутрь почвы и выравнивание поверхности поля;

- пневматическая сеялка для одновременного посева промежуточной культуры (сидератов).

Предложенная технология позволяет решить следующие задачи:

1. глубокое внутрипочвенное экологически безопасное внесение жидких органических удобрений;

2. закрытие поверхности почвы растениями (сидератами) для формирования в приземном слое условий, которые благоприятны для активной деятельности микроорганизмов;

3. ускорить процесс использования питательных веществ, вносимых с органическими удобрениями [6, с. 610];

4. обеспечить растения, используемые для сидерации, питательными элементами для формирования большей растительной массы;

5. прикатать обработанную комбинированным агрегатом поверхность поля, что снизит площадь, с которой испаряется влага,

выровнять поверхность поля и заделать высеваемые семена сидеральной культуры.

Наряду с внесением жидких органических удобрений высев сидеральной культуры позволяет:

- повысить плодородие почв;
- предотвратить и предохранить почву от водной и ветровой эрозии и сократить потери питательных элементов из пахотного слоя почвы;
- повысить использование солнечной энергии;
- обогатить почву органическим веществом;
- перераспределить питательные элементы по профилю почвы из нижних слоёв в верхний, корнеобитаемый слой;
- провести фитомелиорацию загрязнённых почв;
- оптимизировать водный режим почвы и сократить потери влаги из почвы;
- сократить пестицидную нагрузку на почву и её микрофлору;
- обеспечить следующие после сидератов культуры питательными элементами, в т.ч. находящимися в недоступной форме для питания большинства растений;
- повысить коэффициент использования питательных элементов из почвы и удобрений;
- бороться с сорным компонентом агроценоза;
- активизировать процессы минерализации свежевнесённого органического вещества.

Для реализации такой технологии создан комбинированный агрегат (рисунок 1), работающий следующим образом. По шланговой магистрали жидкие органические удобрения поступают к распределительному узлу и по шлангам подводятся к каждому из почвообрабатывающих рабочих органов на глубину обработки. Давление в шланговой магистрали обеспечивается при помощи насосной станции, производящей перекачку удобрений. При больших расстояниях перекачки жидкой фракции, могут дополнительно устанавливаться промежуточные насосные станции, поддерживающие необходимое давление в магистрали. Суммарная площадь сечений распределительных шлангов не должна превышать площадь сечения шланговой магистрали.



**Рисунок 1 - Комбинированный агрегат для повышения плодородия почвы**

Одновременно с внесением удобрений проводится посев сидеральной культуры (горчица, масличная редька и т. д.). Обработанная почва выравнивается и высеваемые семена сидератов заделываются при помощи зубового катка.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Агрономические основы инженерного обеспечения биологизации земледелия / В. М. Косолапов, А. С. Цыгуткин, Н. В. Алдошин, Н. А. Лылин // Кормопроизводство. - 2022. - №3, - С. 41-47.

2. Алдошин, Н. В. Внутрипочвенное внесение жидких органических удобрений при помощи шланговой системы / Н. В. Алдошин, В. Г. Евдокимов, В. В. Семин // Доклады ТСХА. - 2021. - Т. 293. - Ч. III. - С. 246-248.

3. Placement depth and distribution of cattle slurry influence initial maize growth and phosphorus and nitrogen uptake / K. R. Baral, I. F. Pedersen, G. H. Rubaek, P. Sorensen//Journal of Plant Nutrition and Soil Science.-2021,- 184(4), 461-470.

4. Pedersen, I. F. Tine tip width and placement depth by row-injection of cattle slurry influence initial leafN and P concentrations and final yield of silage maize /I. F. Pedersen, T. Nyord, P. Sorensen // European Journal of Agronomy. - 2022.- 133.

5. Алдошин, Н. В. Машины для внутрисочвенного внесения жидких органических удобрений / Н. В. Алдошин, А. А. Манохина, В. В. Семин // Техникаиоборудованиедлясела.-2021.-№ 1(283).-С. 7-10.

6. Lysych, M. N. Computer simulation of the process soil treatment by tillage tools of soil processing machines / M. N. Lysych // Computer Research and Modeling. - 2020. - No. 12(3). - Pp. 607-627.

7. Дидманидзе, О. Н. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Деянин, Е. П. Парлюк // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. - 2020. - Т. 21, № 1. - С. 74-85. - DOI 10.30766/2072-9081.2020.21.1.74-85.

*Об авторе:*

**Алдошин Николай Васильевич**, заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор, aldoshin@rgau-msha.ru.

*About the author:*

**Nikolay V. Aldoshin**, Head of the Agricultural Machinery Department, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, aldoshin@rgau-msha.ru.

**АКАДЕМИК В. П. ГОРЯЧКИН - АКТИВНЫЙ УЧАСТНИК  
СТАНОВЛЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО  
ТРАКТОРОСТРОЕНИЯ**

**В. В. Шаров**

*Музей памяти Лопасненского края, г. Чехов, Российская Федерация*

*Аннотация. В. П. Горячкин был участником становления отечественного тракторостроения. Это выразилось в его вкладе в науку по трактору, в испытаниях новой техники, в рекомендациях разработчикам и правительственным органам при выборе путей развития тракторной отрасли. Ключевые слова: трактор, испытания, методология, теория.*

**ACADEMICIAN V. P. GORYACHKIN IS AN ACTIVE  
PARTICIPANT IN THE FORMATION OF DOMESTIC  
TRACTOR CONSTRUCTION**

**V. V. Sharov**

*Lopasno Memory Museum, Chekhov, Russian Federation*

*Abstract. V. P. Goryachkin was a participant in the formation of domestic tractor construction. This was expressed in his contribution to the science of the tractor, to the testing of new equipment, to recommendations to developers and government bodies when choosing ways to develop the tractor industry. Keywords: tractor, tests, methodology, tractor theory.*

Изучая историю становления тракторостроения в 1921-1930 гг. обращаешь внимание на тот факт, что одним из активных участников этого процесса был и В. П. Горячкин, что должным образом ещё не освещено в литературе.

После окончания Гражданской войны в нашей стране остро встал вопрос об обеспечении населения продуктами питания. Советское правительство, опираясь на международный опыт, стало прилагать целенаправленные усилия по тракторизации сельскохозяйственного производства. Проводились закупки зарубежной техники, налаживалось лицензионное изготовление тракторов на заводах (Холт-75, Большевик-40, Фордзон-Путиловец, Коммунар). Всемерно поддерживалось строительство самобытной



техники на предприятиях СССР (Запорожец, Гном, Карлик, Коломенец-1/II).

Для принятия выверенных решений по развитию тракторостроения, правительственным органам требовалась квалифицированная оценка тяговых машин, которая могла быть получена только при проведении всесторонних полевых испытаний. Одним из таких испытательных центров в СССР стала Машиноиспытательная станция (МИС) при ТСХА, которая располагалась в Москве и имела Тракторное отделение. МИС с момента её организации в 1913 году возглавлялась всемирно известным учёным, профессором В. П. Горячкиным, помощником которого по Тракторному отделению был опытный специалист в области тракторной техники П. М. Белянчиков. Владея методологией испытаний сложной техники, обладая профессиональными специалистами и необходимым приборным оборудованием, испытательная организация могла ответить на все вопросы по оценке различных конструкций тяговой техники.

В 1922 году по заданию правительственных органов на МИС проводились испытания американского трактора «Фордзон», при успешных результатах планировалось закупить лицензию на его воспроизводство в нашей стране. Испытания в целом подтвердили его работоспособность на основных сельскохозяйственных операциях, но были выявлены и некоторые конструктивные недостатки [1]. Испытатели дали положительное заключение по трактору и с 1924 года началось его производство в Ленинграде под маркой «Фордзон-Путиловец».

В 1923 году на МИС испытывалась партия тракторов, поступившая с Первой сельскохозяйственной выставки. Это были гусеничные тракторы - Холт-75, Большевик-40, Большевик-20, Коммунар и колёсные - Могул, Фордзон-Путиловец, Запорожец, Коломенец-I, Коломенец-II, Гном, Карлик, автоплуг - Фаулер и др. [2].

По данным, хранящимся в архиве Музея имени В. П. Горячкина, с 1923 по 1931 годы на МИС было испытано 25 разнообразных конструкций тракторной техники [3, с. 166]. Во всех испытаниях В. П. Горячкин принимал самое непосредственное участие, он их организовывал, согласовывал и утверждал методики с планами работ, комплектовал приборами и научным оборудованием.

Участвовал в обработке экспериментальных данных, формулировал выводы и рекомендации, на основе которых принимались государственные решения в части создания и развития тракторной промышленности.

С 1925 года, В. П. Горячкин входил в состав комиссии при ВСНХ сформированной для определения лучшей в мире модели трактора для будущего серийного производства в нашей стране.

Проводя испытания тракторов в 1920-е годы и участвуя в работе правительственной комиссии В. П. Горячкин, несомненно, являлся активным участником становления тракторной отрасли. Благодаря его рекомендациям во многом определялись темпы и направление развития тракторостроения в СССР. Поэтому В. П. Горячкин, наряду с Я. В. Маминым, Л. А. Унгером, Г. П. Каргополовым, П. М. Белянчиковым, Н. Р. Брилингом, Е. Д. Львовым и др. по праву является зачинателем отечественного тракторостроения.

Выработанная им методология испытаний сложной техники, а также разработанное оригинальное приборное оборудование и подобранное математическое обеспечение для обработки экспериментальных данных заложили основу для развития науки по испытаниям мобильной тяговой техники.

Значительны заслуги В. П. Горячкина и в становлении науки о тракторах, что было отмечено известным учёным-тракторостроителем В. Н. Болтинским, он писал: «Исключительное влияние на развитие науки о тракторах и их двигателях оказали труды академика В. П. Горячкина...» [4, с. 11].

Действительно, развивая теоретические вопросы земледельческой механики, В. П. Горячкин провёл анализ общей схемы технологических процессов и установил, что их развитие протекает по интегральной кривой [5, с. 608-645]. Установленная закономерность позволяла представлять течение любого явления в графическом виде, что давало возможность прогнозировать конечный результат на любой стадии исследований. Это стало важным инструментом специалистов и успешно применяется отечественными учёными.

Проводя оценку конструкции трактора в полевых условиях, под руководством В. П. Горячкина велись работы по испытаниям и созданию новых плугов к тракторам. В этом направлении

В. П. Горячкин разработал и предложил теоретические основы агрегатирования самого энергоёмкого орудия с тяговой машиной [6, с. 384-403]. Решая теоретические вопросы и проводя практические измерения, он установил важную закономерность, определяющую, что увеличение рабочей скорости на вспашке ведёт к необходимости пропорционального увеличения мощности трактора. Эта зависимость стала одним из элементов нарождающейся теории по динамике трактора.

Предложенная В. П. Горячкиным рациональная формула для определения силы тяги плуга ( $P = fG + k-a-b + e-a-b \blacksquare \Gamma^2$ ) использовалась в научных трудах Е. Д. Львова [7, с. 346], А. Д. Халкиопова [8, с. 32] и др., при разработке теории трактора. Используется она и у современных учёных при составлении уравнения движения тяговой машины [9 с. 152].

Создавая науку о земледельческой механике В. П. Горячкин, уже в 1919 году подробно изложил теорию ведущего и ведомого колеса применительно к трактору. Там же он провёл анализ характеристик двигателей (живых и механических) и дал обоснование по их совершенствованию в части увеличения работоспособности, а также места расположения относительно осей трактора, с учётом моментов инерции вращающихся частей двигателя. Тем самым В. П. Горячкин участвовал в формировании науки по теории трактора. А его рекомендации по схемам движителей трактора, основанные на копировании «живой природы» до сих пор актуальны и являются существенным вкладом в конструкцию самоходной машины [5, с. 11-281].

Обобщая вышеприведённые примеры, отметим, что В. П. Горячкин установил несколько закономерностей и решил ряд теоретических вопросов, которые органично вошли в основы науки о тракторе. Это общая схема явлений, теория ведущего и ведомого колеса, зависимость мощности трактора от рабочей скорости, вопросы агрегатирования с плугом, зависимость сопротивления плуга, рекомендации по совершенствованию механических двигателей и движителей. На этом основании, можно вполне заслуженно имя В. П. Горячкина упоминать как одного из основателей теории трактора, наравне с А. Н. Судаковым, Б. А. Линтваревым, М. К. Кристи, Е. Д. Львовым, Д. К. Карельских и др.

Неоценим вклад В. П. Горячкина в становление тракторостроения в нашей стране, как педагога и организатора науки. Его научная школа воспитала известных учёных, много сделавших для развития науки о тракторах: А. Н. Судакова, П. М. Белянчикова, В. А. Желиговского, И. И. Артоболевского, В. Н. Болтинского и многих других. В. П. Горячкин был создателем инженерного сельскохозяйственного образования в России, разрабатывая программы обучения, составляя учебники и пособия, читая лекции и ведя практические занятия, он воспитал студентов, которые потом занимались механизацией сельского хозяйства, создавали и внедрили новые тракторные конструкции.

Понимая будущность механизации сельского хозяйства, В. П. Горячкин приложил громадные усилия для создания научных институтов ВИСХОМа и ВИМа, которые наряду с НАТН стали основными разработчиками комплекса машин на основе мобильных тракторных агрегатов.

Оценивая деятельность В. П. Горячкина в период становления отечественного тракторостроения, можно констатировать, что его роль в этом вопросе значительна. Она отражена как в практическом плане, проведение испытаний и подготовка инженерных кадров, так и в теоретическом, где он открыл и сформулировал несколько важных зависимостей, ставших составной частью начального этапа науки о тракторах.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Белянчиков, П. М. Трактор «Фордзон» и результаты его испытания / П. М. Белянчиков. - М.: Мотор, 1923. - 28 с.
2. Белянчиков, П. М. Русские тракторы: Краткое описание тракторов и результатов полевых испытаний / П. М. Белянчиков. - М.: Кооперативное изд-во, 1925. - 41 с.
3. Ерохин, М. Н. Василий Прохорович Горячкин: Страницы жизни / М. Н. Ерохин, Н. Л. Зайцева, Н. В. Алдошин. - М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. - 280 с.
4. Болтинский, В. Н. Тракторные и автомобильные двигатели : учеб. - 5-е изд., перераб. и доп. / В. Н. Болтинский. - М. : Сельхозгиз, 1953. - 591 с.
5. Горячкин, В. П. Собрание сочинений. Том первый. Издание второе. / В. П. Горячкин. - М. : Колос, 1968. - 720 с.

6. Академик В. П. Горячкин. Об устойчивости пахотных орудий. Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин. Том третий. Под общей редакцией В. П. Горячкина. - М.-Л. : Сельхозгиз, 1936. - 780 с.

7. Львов, Е. Д. Тракторы их конструкция и расчёты / Е. Д. Львов. - М. : Гозиздат, 1927. - 498 с.

8. Халкиопов, А. Д. Сельскохозяйственные тракторы. Выпуск I / А. Д. Халкиопов-Л. : КУБУЧ. ЛИМиЭСХ, 1931. - 185 с.

9. Гуськов, В. В. Тракторы. Теория / В. В. Гуськов, Н. Н. Велев, Ю. Е. Атаманов и др. - М. : Машиностроение, 1988. - 375 с.

*Об авторе:*

**Шаров Владимир Васильевич**, хранитель фондов, Музей памяти Лопасненского края (142306, Московская обл., Чехов, ул. Чехова, д. 28), кандидат технических наук, sharov\_vv56@mail.ru.

*About the author:*

**Vladimir V. Sharov**, Keeper of the Funds, Museum of Memory of the Lopasnensky Territory (142306, Moscow Region, Chekhov, Chekhov Street, 28), Cand.Sc. (Engineering), sharov\_vv56@mail.ru.

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УБОРКИ КОРНЕПЛОДОВ И КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ**

**А. С. Дорохов<sup>1</sup>, А. В. Сибирёв<sup>2</sup>, А. В. Бугаев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup>Министерство просвещения Российской Федерации, г. Москва, Российская Федерация

*Аннотация. В настоящее время уборка картофеля, моркови, столовой и сахарной свеклы производится в условиях повышенной влажности, так как процесс созревания и последующей уборки данных культур приходится на временной период с максимальным количеством осадков, что обуславливает залипание просветов решет сепарирующих устройств частицами увлажненной почвы. Данное обстоятельство объясняется тем, что с повышением влажности почвы с 18 до 27 % происходит резкое ухудшение сепарации на рабочей поверхности сепарирующих устройств уборочных машин. Для устранения основной причины, способствующей снижению качества уборки, а именно забивание сепарирующих устройств почвенными примесями предлагается энергосберегающая технология уборки корнеплодов и картофеля в условиях повышенной влажности почвы, способствующая повышению качества очистки корнеплодов от почвенных примесей. Ключевые слова: уборка, очистка, комбайн, сепарация, качество.*

## **ENERGY-SAVING TECHNOLOGY FOR HARVESTING ROOT CROPS AND POTATOES IN CONDITIONS OF HIGH SOIL MOISTURE**

**A. S. Dorokhov<sup>a</sup>, A.V. Sibirev<sup>b</sup>, A. V. Bugaev<sup>c</sup>**

<sup>a</sup>Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

<sup>b</sup>Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

<sup>c</sup>The Ministry of Education of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

*Abstract. Currently, the harvesting of potatoes, carrots, table and sugar beets is carried out in conditions of high humidity, since the process of maturation and subsequent harvesting of these crops falls on a time period with maximum*

*precipitation, which causes the gaps of the screens of separating devices to stick with particles of moistened soil. This circumstance is explained by the fact that with an increase in soil moisture from 18 to 27 %, there is a sharp deterioration in separation on the working surface of the separating devices of harvesting machines.*

*In order to eliminate the main cause contributing to a decrease in the quality of harvesting, namely the clogging of separating devices with soil impurities, an energy-saving technology for harvesting root crops and potatoes in conditions of high soil moisture is proposed, which contributes to improving the quality of cleaning root crops from soil impurities.*

*Keywords: cleaning, combine, separation, quality.*

В настоящее время уборка картофеля, моркови, столовой и сахарной свеклы производится в условиях повышенной влажности, так как процесс созревания и последующей уборки данных культур приходится на временной период с максимальным количеством осадков, что обуславливает залипание просветов решет сепарирующих устройств частицами увлажненной почвы.

Механическая очистка просветов между прутками сепарирующего устройства приводит к повышенному повреждению товарной продукции, так как интенсификаторы сепарации взаимодействуют при очистке не только с рабочей поверхностью очистительных устройств, но также и с корнеплодами.

Согласно результатам исследований В. А. Хвостова, Э. С. Рейнгарта перспективным решением повышения сепарирующей способности решет грохота с гидроприводом является способ обогрева сепарирующей поверхности рабочей жидкостью гидравлической системы уборочной машины [1,2].

С этой целью была разработана конструкция решета грохота, выполняющего наряду с функцией сепарации почвы функцию отвода избыточной тепловой энергии из гидросистемы и использования ее для подсушивания частиц почвы в зоне контакта их с прутками полотна.

При работе обычного пруткового элеватора с гидроприводом установившаяся температура рабочей жидкости через 60...80 минут достигает 86.. 90 °С, что превышает допустимую температуру (80°С) масел, применяемых в гидросистемах.

Экспериментальные исследования разработанного сепарирующего органа с решетами-радиаторами в полевых условиях

подтвердили теоретические предпосылки и показали, что данный сепарирующий орган позволяет повысить сепарирующую способность на 12...17 % в зависимости от влажности и механического состава почвы за счет снижения залипания почвой просветов сепарирующей поверхности.

Однако существенным недостатком данного технического решения повышения сепарирующей способности устройств для очистки корнеплодов является отсутствие независимой гидравлической системы уборочной машины, так как в современных условиях производства овощные корнеплоды возделывают на небольших площадях крестьянско-фермерских (КФХ) и личных (ЛПХ) хозяйств и для уборки товарной продукции используют так называемые копалки, т.е. уборочные машины без независимых систем управления технологического процесса уборки товарной продукции [3, 4].

Для выполнения требования энерго-ресурсосбережения, которое характеризуется минимальным усилием, необходимым на перемещение обрабатываемой товарной продукции, а также минимально необходимое количество энергетических ресурсов на технологические операции послеуборочной обработки корнеплодов следует исключить из обрабатываемой товарной продукции на этапе приема поступающего вороха почвенно-растительные примеси.

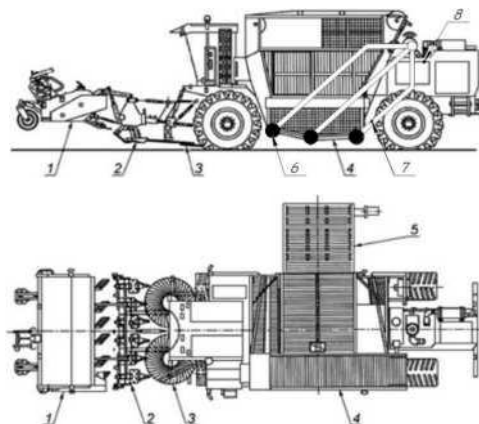
На правильный выбор энергосберегающей технологии уборки корнеплодов и картофеля, прежде всего, влияют виды операций и средства механизации для их осуществления, а также режимы выполнения этих операций.

Для реализации вышеуказанных направлений энергосберегающей технологии послеуборочной обработки корнеплодов и повышения качества сепарации корнеплодов и картофеля в условиях повышенной влажности почвы предлагается использование в конструкции уборочных машин сепарирующей системы с тепловой энергией очистки отработавших газов силовой установки (рисунок 1).

В качестве алгоритма работы сепарирующей системы заложено примерное равенство потерь теплоты, выделяемой с отработавшими газами и количеством теплоты, эквивалентной эффективной работе (таблица 1).



Для выполнения технологического параметра энергосберегающей технологии необходимо выполнить совмещение технологических операций уборки корнеплодов и картофеля, отражающие бункер приемный, транспортер загрузочный и модуль сепарирующий [5, 6].



**Рисунок 1 - Конструктивно-технологическая схема самоходного комбайна Holmer Terra Dos T3, оснащенный сепарирующей системой с тепловой энергией очистки:** 1 - ботвоудалитель; 2 - корчеватель; 3 - звезды сепарирующие; 4 — прутковый транспортер загрузки; 5 — транспортер выгрузной; 6 — дефлектор; 7 - воздуховод; 8 — энергетическая установка

**Таблица 1 - Показатели теплового баланса дизельного двигателя**

Составляющие баланса	Qi, Дж/с	q, %
Теплота, эквивалентная эффективной работе	50900	29,2
Потери теплоты		
в систему охлаждения	53601	30,8
с отработавшими газами	51960	29,8
из-за неполноты сгорания	9334	5,4
Остаточный член	8372	4,8
Общее количество теплоты	174167	100

Для снижения общих потерь за счет уменьшения механических повреждений корнеплодов и картофеля при их уборке необходимо оценить рабочие органы в едином комплексе технологических операций и машин, т.е. чем больше технологических операций, тем большим перемещениям, перевалкам и взаимодействиям подвергаются корнеклубнеплоды, таким образом, данный аспект

характеризует эксплуатационный параметр энергосберегающей технологии.

Для выполнения требования энергосбережения, которое характеризуется минимальным усилием, необходимым на перемещение обрабатываемой товарной продукции, а также минимально необходимое количество энергетических ресурсов на технологические операции уборки корнеплодов и картофеля следует исключить из обрабатываемой товарной продукции на этапе приема поступающего вороха почвенно-растительные примеси.

Использование сепарирующей системы с тепловой энергией очистки корнеплодов и картофеля в условиях повышенной влажности почвы, наряду с повышением эффективности процесса сепарации, позволит снизить травмирование товарной продукции за счет уменьшения воздействия внешних сил на корнеклубнеплоды, использования более мягких режимов работы и как следствие, повысить качество сепарации корнеплодов и картофеля.

Таким образом, от выбора необходимых операций зависят общие затраты энергии технологического процесса уборки корнеплодов и картофеля, а также в целом и на их производство.

Выбранные средства механизации должны обеспечить качество выполняемых операций, соответствующее агротехническим требованиям, и дальнейшие условия для прорастания материала или товарных качеств овощных корнеплодов.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Лобачевский, Я. П. Машинная технология производства лука / Я. П. Лобачевский, П. А. Емельянов, А. Г. Аксенов, А. В. Сибирев. - М. : ВИМ, 2016.- 168 с.
2. Хвостов, В. А. Машины для уборки корнеплодов и лука (теория, конструкция, расчет) /В.А. Хвостов, Э. С. Рейнгарт. - М. : АО «Полимаг», 1995.-391 с.
3. Патент № 2754037 Россия, МПК А01 D 33/08. Сепарирующая система с тепловой энергией очистки / А. С. Дорохов, А. В. Сибирев, А. Г.Аксенов, М. А. Мосяков, Н. В. Сазонов, № 2021101220; Заяв. 21.01.2021; Оpubл. 25.08.2021, Бюл. № 24.
4. Калинин, А. Б. Почвенное состояние в интенсивной технологии / А. Б. Калинин, И. З. Теплинский, П. П. Кудрявцев // Картофель и овощи. - 2016,-№2.- С. 35- 36.

5. Дидманидзе, О. Н. Моделирование и оптимизация производственных процессов по заготовке картофеля и овощей / О. Н. Дидманидзе, Н. И. Яремко. - М. : ООО «УМЦ «Триада», 2016.- 120 с.

6. Маслов, Г. Г. Комплексное проектирование механизированных производственных процессов в растениеводстве : учебное пособие для студентов сельскохозяйственных высших учебных заведений / Г. Г. Маслов, О. Н. Дидманидзе, В. В. Цыбулевский. - М. : УМЦ Триада, 2006. - 256 с.

*Об авторах:*

**Дорохов Алексей Семенович**, профессор кафедры инженерной и компьютерной графики ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, академик РАН, dorokhov@rgau-msha.ru.

**Сибирёв Алексей Викторович**, заведующий лабораторией ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, Россия, Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), доктор технических наук, профессор РАН, sibirev2011@yandex.ru.

**Бугаев Александр Вячеславович**, первый заместитель Министра просвещения Российской Федерации (127006, Российская Федерация, Москва, ул. Каретный Ряд, д. 2), кандидат технических наук.

*About the authors:*

**Alexey S. Dorokhov**, Professor of the Department of Engineering and Computer Graphics, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), Academician of the Russian Academy of Sciences, dorokhov@rgau-msha.ru.

**Alexey V. Sibirev**, Head of the Laboratory of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM (109428, Russia, Moscow, 1st Institute Passage, 5), D.Sc. (Engineering), Professor of the Russian Academy of Sciences, sibi- rev2011@yandex.ru.

**Aleksandr V. Bugaev**, First Deputy Minister of Education of the Russian Federation (127006, Russian Federation, Moscow, Karetny Ryad str., 2), Cand.Sc. (Engineering).

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ И РАСШИРЕНИЕ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Д. В. Варнаков<sup>1</sup>, А. В. Бугаев<sup>2</sup>, А. Н. Юденичев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск, Российская Федерация

<sup>2</sup>Министерство просвещения Российской Федерации, г. Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup>ФАУ «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации», г. Москва, Российская Федерация

*Аннотация. В статье рассмотрены основные тенденции и технические проблемы, с которыми сталкиваются при внедрении цифровых технологий в технических системах, а также вопросы разработки новых методов контроля параметров, в целях осуществления прогнозирования и обеспечения управления различными технологическими процессами, проведения обслуживающих и ремонтных работ.*

*Рассмотрено текущее состояние, особенности развития отечественной электронной компонентной базы и условия для широкого внедрения систем контроля технологических процессов, глубокого уровня автоматизации технических систем с целью повышения их эффективности.*

*Предложенная система непрерывного контроля диагностических параметров, методов прогнозирования в контрольных режимах и индивидуальных карт технического состояния позволяет корректировать периодичность технического обслуживания и ремонта, прогнозировать остаточный ресурс агрегатов и систем, что позволяет рациональнее организовать технический сервис машин и оборудования.*

*Ключевые слова: цифровые технологии, методы контроля, параметры, прогнозирование, управление, технологические процессы, техническое обслуживание, ремонт, электронная компонентная база.*

## **DEVELOPMENT OF METHODS OF CONTROL OF PARAMETERS AND EXPANSION OF THE COMPONENT BASE IN THE IMPLEMENTATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES**

**D. V. Varnakov<sup>3</sup>, A. V. Bugaev<sup>b</sup>, A. N. Yudenichev<sup>c</sup>**<sup>a</sup>*Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russian Federation* <sup>b</sup>*The Ministry of Education of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation*

*25 State Research Institute of Chemmotology of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation*

*Abstract. The article discusses the main trends and technical problems encountered in the implementation of digital technologies in technical systems, as well as the development of new methods for monitoring parameters in order to predict and ensure the management of various technological processes, maintenance and repair work.*

*The current state, features of the development of the domestic electronic component base and conditions for the widespread introduction of technological process control systems, a deep level of automation of technical systems in order to increase their efficiency are considered.*

*The proposed system of continuous monitoring of diagnostic parameters, forecasting methods in control modes and individual technical condition maps allows you to adjust the frequency of maintenance and repair, predict the residual life of units and systems, which allows you to more rationally organize the technical service of machines and equipment.*

*Keywords: digital technologies, control methods, parameters, forecasting, control, technological processes, maintenance, repair, electronic component base.*

Совершенствование технологических процессов в агропромышленном комплексе приводит к повышению требований к автотракторной технике и порождает новые тенденции в проектировании машин и процессов контроля основных параметров их работы.

Основные тенденции и технические проблемы, с которыми сталкиваются при разработке новых цифровых технологий, связаны с усложнением двигателей, что в свою очередь, требует большего количества микросхем и расширения электронной компонентной базы.

Второй тренд развития автотракторной техники связан с внедрением широкой автоматизации процессов управления совокупной работой силового агрегата, трансмиссии и оборудования, с целью обеспечения наиболее эффективных режимов функционирования.

Третий тренд связан с увеличением внедрения электросиловых агрегатов и увеличение доли автотракторной техники, использующей альтернативные топлива, к которым можно отнести биотоплива и газ. Внедрение новых видов топлив связано с технологией управления процессом его сжигания.

Существующие в настоящее время тенденции в области автотракторостроения связаны с увеличением потребности электронных систем управления и необходимостью развития электронной компонентной базы.

Электронная компонентная база Российской Федерации в значительной степени состоит из импортных комплектующих и по различным данным их доля составляет около 75 %.

Необходимость увеличения отечественной компонентной базы отражается в государственной политике, в виде выделения субсидий Министерством промышленности и торговли Российской Федерации, развития технопарков, реализации национального проекта развития электронной промышленности России.

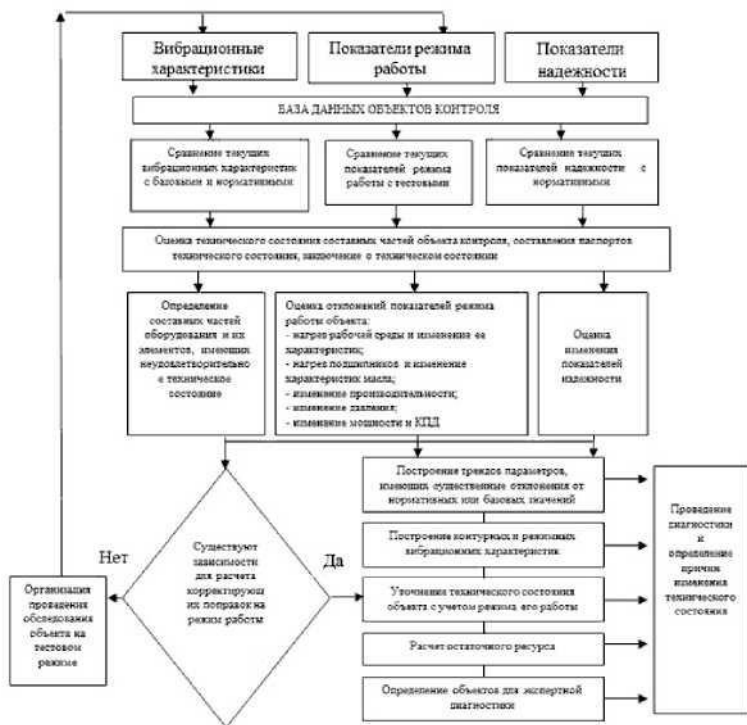
Важность развития собственной электронной компонентной базы обусловлена необходимостью иметь технологический суверенитет. Также все более важными становятся вопросы электронной безопасности, тестирования ввозимых электронных компонентов.

Развитие отечественной электронной компонентной базы является необходимым условием для широкого внедрения систем контроля технологических процессов, глубокого уровня автоматизации технических систем с целью повышения их эффективности.

Следующим этапом развития цифровых технологий является широкое внедрение беспроводных систем передачи данных для контроля и управления технологическими процессами, что особо актуально для прицепных машин и агрегатов. Технические системы могут быть оснащены различными системами контроля. Общий алгоритм оценки технического состояния технической системы может быть аналогичен представленному на рисунке 1.

Следует учитывать, что оснащение системами контроля должно осуществляться из принципа достаточности, т.к. избыточность контролируемых параметров не приведет к повышению точности, но может снизить надежность самой контролирующей аппаратуры.

Для контроля и прогнозирования параметров эффективности работы технических систем могут быть использованы методы оценки, базирующиеся на выявлении величины отклонения от заданного значения либо выхода за допустимые границы.



**Рисунок 1 - Алгоритм оценки технического состояния технической системы**

Выбор методики построения контрольных карт для индивидуальных значений и скользящих размахов зависит от того, заданы ли стандартные значения показателя или нет, при этом существуют два варианта.

1. Стандартные значения не заданы.

Необходимо собрать предварительные данные о протекании процесса. Для этого выполняют несколько измерений параметра. На

параметра:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (1)$$

основе собранных данных рассчитывают среднее значение  $\bar{x}$  и среднее значение скользящего размаха:

$$\frac{X + X_2 + \dots + X_N}{N}$$

$$R = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (X_i - X_{i-1}) \quad (2)$$

где  $x$  - значения параметра;  $N$  - число измерений при предварительном сборе данных.

Значения для центральной линии, нижнего и верхнего контрольного пределов для  $x$  карты:

$$CL = \bar{x}; \quad LCL = \bar{x} - 2,66R; \quad UCL = \bar{x} + 2,66R; \quad (3)$$

для  $R$  карты:

$$CL = R; \quad LCL = 0; \quad UCL = 3,267R \quad (4)$$

2. Стандартные значения заданы (т.е. заданы  $x_0$ ,  $\sigma_0$  и возможно  $R_0$ ).

Значения для центральной линии, нижнего и верхнего контрольного пределов:

для  $x$  карты:

$$CL = x_0; \quad LCL = x_0 - 3\sigma_0; \quad UCL = x_0 + 3\sigma_0; \quad (5)$$

$$CL = R \text{ (если } R_0 \text{ задано) или } CL = 1,128\sigma_0 \text{ (если } R_0 \text{ не задано);} \quad (6)$$

$$LCL = 0; \quad UCL = 3,686 \sigma_0.$$

Таким образом, применение предлагаемой системы непрерывного контроля диагностических параметров возможно с использованием методов прогнозирования в контрольных режимах. Ведение индивидуальных карт технического состояния позволяет корректировать периодичность технического обслуживания и ремонта, прогнозировать остаточный ресурс агрегатов и систем, что позволяет рациональнее организовать технический сервис.

Определение текущего состояния технической системы необходимо для эффективного планирования её обслуживания и управления поставками запасных частей. Задача оптимизации поставок запасных частей является сложной, т.к. основывается на решении многофакторной задачи. Общие затраты, связанные с запасами, представляют собой сумму затрат на закупку, пополнение запаса и содержание запаса.

Общие затраты, руб., связанные с запасами,

$$T = C_1 + C_2 + C_3 \quad (7)$$

где  $C_p$  - затраты на закупку запаса, руб.;  $C_{pz}$  - затраты на пополнение запаса, руб.;  $C_c$  - затраты на содержание запаса, руб.



Внедрение предлагаемого метода непрерывного контроля диагностических параметров дает возможность прогнозирования надежности машин, выявления потенциальных отказов и их предупреждения, что позволяет выполнять техническое обслуживание машин с учетом их фактического состояния.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

ГДидманидзе, О. Н. О перспективах развития автомобильного транспорта в агропромышленном комплексе / О. Н. Дидманидзе, А. М. Карев, Г. Е. Митягин // Международный научный журнал. - 2016. -№ 1.- С. 53-65.

2. Патент № 2743092 С9 Российская Федерация, МПК G01M 15/00, G01M 15/05. Способ и система контроля параметров технического состояния двигателя внутреннего сгорания : № 2019118838 : заявл. 17.06.2019 : опубл. 22.02.2022 / Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, Д. Н. Яшин [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный университет».

3. Варнаков, Д. В. Применение контрольных карт Шухарта в системах измерения параметров / Д. В. Варнаков, М. А. Афонин // Аграрный научный журнал. 2018. -№ 2.- С. 54-58.

4. Варнаков, Д. В. Использование диагностических параметров при оценке и прогнозировании параметрической надежности двигателей автотранспортных средств : монография / Д. В. Варнаков. - Ульяновск: УлГУ, 2013. - 124 с. - ISBN 978-5-88866-486-5.

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018614322 Российская Федерация. Оценка эффективности управления процессами технического обслуживания и ремонта машин : № 2018611398 : заявл. 13.02.2018 : опубл. 04.04.2018 / Д. В. Варнаков, М. А. Афонин, М. Е. Дежаткин [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный университет».

6. Ерохин, М. Н. Цифровые технологии в техническом сервисе АПК / М. Н. Ерохин, Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, М. Ю. Карелина // В сб.: Чтения академика В. Н. Болтинского. - 2021. - С. 34-43.

7. Трухачев, В. И. Будущее тракторостроения в России / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев // В сб.: Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы. - 2022. - С. 15-21.

8. Варнаков, Д. В. Применение распределенных сетей в задачах прогнозирования и управления / Д. В. Варнаков, А. В. Бугаев, В. В. Варнаков // В сб.: Чтения академика В. Н. Болтинского. - 2022. - С. 57-65.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018613761 Российская Федерация. Оптимизация размещения пунктов технического обслуживания машин : № 2018611109 : заявл. 07.02.2018 : опубл. 22.03.2018 / Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, М. Е. Дежаткин [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный университет».

9. Пуляев, Н. Н. Цифровизация сельского хозяйства России: особенности, трудности и перспективы / Н. Н. Пуляев, В. С. Богданов, Д. Г. Асадов // В сб.: Чтения академика В. Н. Болтинского. - 2022. - С. 66-72.

10. Дидманидзе, О. Н. Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов / О. Н. Дидманидзе, А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев // Техника и оборудование для села. - 2020. - № 11 (281).-С. 39-43.

*Об авторах:*

**Варнаков Дмитрий Валерьевич**, профессор кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» (432017, Российская Федерация, Ульяновск, ул. Льва Толстого, д. 42), доктор технических наук, доцент, vamdm@mail.ru.

**Бугаев Александр Вячеславович**, первый заместитель Министра просвещения Российской Федерации (127006, Российская Федерация, Москва, ул. Каретный Ряд, д. 2), кандидат технических наук.

**Юденичей Андрей Николаевич**, младший научный сотрудник ФАУ «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации» (121467, Москва, ул. Молодогвардейская, д. 10).

*About the authors:*

**Dmitrii V. Varnakov**, professor of the Department of Technosphere Security, Ulyanovsk State University (432017, Russian Federation, Ulyanovsk, Lva Tolstogo str., 42), D.Sc. (Engineering), associate professor, vamdm@mail.ru.

**Aleksandr V. Bugaev**, First Deputy Minister of Education of the Russian Federation (127006, Russian Federation, Moscow, Karetny Ryad str., 2), Cand.Sc. (Engineering).

**Andrey N. Yudenichev**, Junior Researcher at the FAI «25 State Research Institute of Chemmotology of the Ministry of Defense of the Russian Federation» (121467, Russian Federation, Moscow, Molodogvardeyskaya str., 10).

## ОПТИМАЛЬНЫЕ ВАРИАНТЫ БЛОКИРОВКИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ КОЛЕСНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

**А. В. Келлер<sup>1</sup>, А. В. Попов<sup>2</sup>, С. В. Ушнурцев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ФГАНУ «СОЦИОЦЕНТР», г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Государственный научный центр РФ ФГУП «НАМИ», г. Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup>Военная академия материально-технического обеспечения, г. Омск, Российская Федерация

*Аннотация. В статье рассмотрен наиболее оптимальный вариант блокировки дифференциальных механизмов колесных сельскохозяйственных машин при помощи фрикционной муфты, расположенной в корпусе.*

*Ключевые слова: полноприводная колесная сельскохозяйственная техника, трансмиссия, дифференциальные механизмы, фрикционная муфта, муфта блокировки.*

## OPTIMAL BLOCKING OPTIONS DIFFERENTIAL MECHANISMS WHEELED AGRICULTURAL MACHINES

**A. V. Keller<sup>a</sup>, A. V. Popov<sup>b</sup>, S. V. Ushnurtsev<sup>c</sup>**

<sup>a</sup>FGANU «SOCIOCENTER», Moscow, Russian Federation <sup>b</sup>The state scientific center of the Russian Federation FSUE «NAMI», Moscow, Russian Federation <sup>c</sup>Military Academy of Logistics, Omsk, Russian Federation

*Abstract. The article considers the most optimal variant of locking differential mechanisms of wheeled agricultural machines with the help of a friction clutch located in the housing.*

*Keywords: four-wheel drive agricultural machinery, transmission, differential mechanisms, friction clutch, locking clutch.*

В настоящее время существует большое количество вариантов схем управления распределением мощности, подводимой к колесам полноприводной колесной сельскохозяйственной техники. В этом случае необходимо использовать блокируемые дифференциалы, как межколёсные, так и межосевые. К настоящему моменту

известно множество конструкций таких дифференциалов, классификация которых представлена на рисунке 1 [1, с. 117].



**Рисунок 1 - Классификация дифференциалов**

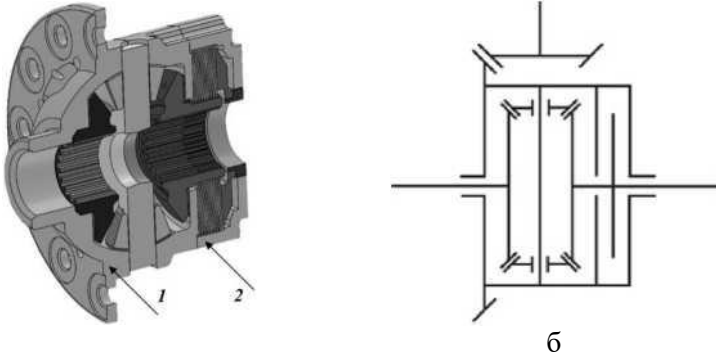
В настоящее время, в основном, используют два варианта блокирования дифференциала [2, с. 94]:

- соединение одной из полуосей (валов) с корпусом дифференциала;
- соединение полуосевых шестерен между собой.

Применение простого дифференциала с принудительной блокировкой обеспечивает наибольшее тяговое усилие. Главное достоинство дифференциалов с принудительной блокировкой состоит в том, что они позволяют в необходимых случаях выключать из работы дифференциал и обеспечивать жесткую связь привода, обладающую свойством перераспределять крутящий момент на те мосты и колеса, которые способны реализовать большие его величины, предотвращая тем самым буксование колес, оказавшихся в неблагоприятных условиях по сцеплению.

Стоит отметить, что наиболее эффективным способом блокирования дифференциала является введение жесткой кинематической связи по средствам применения фрикционной муфты [3, с. 5].

Общий вид, на примере, межколесного дифференциального механизма с фрикционной муфтой блокировки, а также его кинематическая схема представлены на рисунке 2.



**Рисунок 2 -** Общий вид межколесного дифференциального механизма с фрикционной муфтой блокировки (а) и его кинематическая схема (б) 1 - корпус дифференциала; 2 - корпус фрикционной муфты блокировки

Проведенный анализ схемы потоков мощности, рисунок 3, свидетельствует о пиковом значении подводимого крутящего момента, передаваемого муфтой, в момент буксования одного из колес оси, причем момент на противоположном колесе не должен превышать момент предельной силы сцепления колеса с опорной поверхностью [4, с. 67].

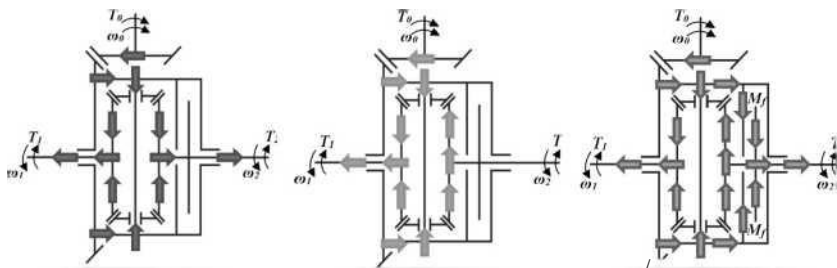
Расчетные напряжения смятия  $\sigma_{см}$  на рабочих поверхностях шлицев не превышают предельно допускаемые  $[ff]_{см}$  [5, с. 75]:

$$\sigma_{см} \quad \text{—} \quad [\sigma]_{см} [\sigma]_{см} \quad \wedge 0,2 \quad (!)$$

где  $\wedge 0,2$  - предел текучести материала;

$F_t$  - расчетная окружная сила в шлицевом соединении, Н;

$A_{см}$  - площадь смятия, мм<sup>2</sup>.



$$\omega_1 \approx \omega_2 \approx \frac{\omega_0}{2 \cdot i_{\Gamma\Pi}}$$

$$\omega_1 = \omega_2 = \frac{\omega_0}{2 \cdot i_{\Gamma\Pi}}$$

**Рисунок 3 - Схема потоков мощности дифференциального механизма с фрикционной муфтой блокировки**

*- момент трения фрикционной муфты блокировки*

*а — разблокированный дифференциал, колеса в равных дорожных условиях;*

*б — разблокированный дифференциал, полное буксование одного колеса;*

*в — заблокированный дифференциал.*

Фрикционные диски муфты блокировки межосевого дифференциала целесообразно изготавливать из стали 65Г с пределом текучести  $\sigma_{\text{сод}} = 785 \text{ МПа}$ , при этом условие прочности представлено зависимостью:

$$\begin{aligned} \text{Оси} < 785 \text{ МПа} \\ 355,1 \text{ МПа} < 785 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (2)$$

Таким образом, полученные расчетным методом результаты прочностных свойств предлагаемой фрикционной муфты блокировки дифференциальных механизмов свидетельствуют о достаточной надежности рассмотренной конструкции, подтверждая ее работоспособность и целесообразность применения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тарасик, В. П. Математическое моделирование технических систем. Учебник для вузов / В. П. Тарасик. - Минск: ДизайнПРО, 2004. - 240 с.
2. Пирковский, Ю. В. Теория движения полноприводного автомобиля (прикладные вопросы оптимизации конструкции шасси) / Ю. В. Пирковский, С. Б. Шухман. - М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2001, - 230 с.

3. Ванцевич, В. В. Синтез схем привода к ведущим мостам и колесам многоприводных транспортно-тяговых машин : дисс. ... доктора техн. наук : 05.05.03 / Ванцевич Владимир Владимирович. - Минск, 1992. - 412 с.

4. Аксенов П. В. Многоосные автомобили / П. В. Аксенов. - М. : Машиностроение, 1980. - 208 с.

5. Агейкин, Я. С. Проходимость автомобилей : учебник для вузов / Я. С. Агейкин. - М. : Машиностроение, 1981.- 232 с.

6. Многофункциональная имитационная модель / Г. В. Легеза, О. Н. Дидманидзе, Г. Е. Митягин, Е. Ф. Шульга // Объединенный научный журнал. - 2006. - № 25. - С. 66-69.

*Об авторах:*

**Келлер Андрей Владимирович**, директор ФГАНУ «СОЦИОЦЕНТР» (127015, Российская Федерация, Москва, Б. Новодмитровская ул., д. 23, стр. 3), доктор технических наук, профессор, keller@sociocenter.info.

**Попов Андрей Вячеславович**, аспирант, Государственный научный центр РФ ФГУП «НАМИ» (125438, Российская Федерация, Москва ул. Автомоторная, д. 2).

**Ушнурцев Станислав Владимирович**, доцент, Военная академия материально-технического обеспечения (644098, Российская Федерация, Омская область, Омск, 14-й военный городок), кандидат технических наук.

*About the authors:*

**Andrey V. Keller**, Director of the FSUE «SOCIOCENTER» (127015, Russian Federation, Moscow, B. Novodmitrovskaya str., 23, p. 3) D.Sc. (Engineering), professor, keller@sociocenter.info.

**Andrey V. Popov**, postgraduate student, State Scientific Center of the Russian Federation FSUE «NAMI» (125438, Russian Federation, Moscow, Avtomotomaya str., 2).

**Stanislav V. Ushnurtsev**, Associate Professor of the Military Academy of Logistics (644098, Russian Federation, Omsk Region, Omsk, 14th military Town), Cand.Sc. (Engineering).

## ДООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЯ КАМАЗ 5490 СИСТЕМОЙ ПИТАНИЯ КОМПРИМИРОВАННЫМ ПРИРОДНЫМ ГАЗОМ

**А. В. Неговора<sup>1</sup>, И. Р. Исанбердин<sup>1</sup>,  
Т. Р. Башаров<sup>1</sup>, С. К. Корабельников<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа, Российская Федерация

<sup>2</sup>СПб ГБПОУ «Академия транспортных технологий», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

*Аннотация. В данной статье рассматривается пример дооснащения автомобиля КамАЗ М1840 5490-5Р с системой питания на сжиженном природном газе (СПГ) дополнительным газобаллонным оборудованием, позволяющим ему работать на компримированном природном газе (КПГ). Говорится о проблеме отдаленности заправочных станций КриоАЗС, что снижает эффективность транспортных средств, работающих на СПГ. Опыт эксплуатации таких автомобилей показывает, что необходимо оснастить дополнительным газовым оборудованием для работы на КПГ. Были проведены работы по подбору ГБО, его установке на автомобиль и испытании транспортного средства при работе на КПГ. В ходе исследования сняты показатели работы при максимальных нагрузках, проанализирован переход работы двигателя с СПГ на КПГ.*

*Ключевые слова: сжиженный природный газ (СПГ), компримированный природный газ (КПГ), КриоАЗС, АГНКС.*

## RETROFITTING OF THE KAMAZ 5490 CAR WITH A COMPRESSED NATURAL GAS POWER SYSTEM

**A.V. Negovora<sup>a</sup>, I. R. Isanberdin<sup>a</sup>,  
T. R. Basharov<sup>a</sup>, S. K. Korabelnikov<sup>b</sup>**<sup>a</sup>Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russian Federation <sup>b</sup>Academy of Transport Technologies, St. Petersburg, Russian Federation

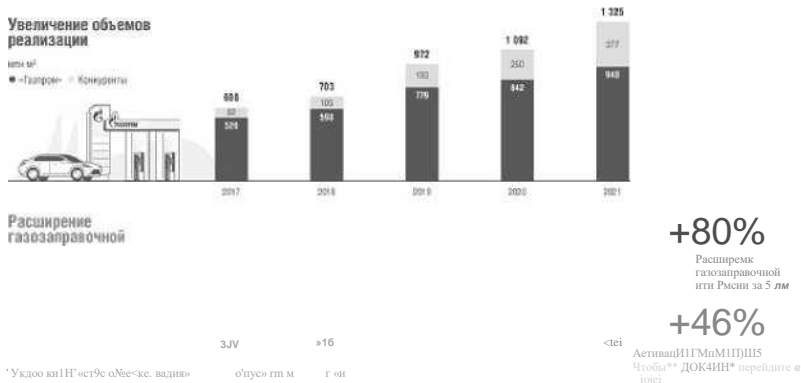
*Abstract. This article discusses an example of retrofitting a KamAZ M1840 5490-5R car with a liquefied natural gas (LNG) power system with additional gas cylinder equipment that allows it to run on compressed natural gas (CNG). It is said about the problem of remoteness of CRYOAS filling stations, which reduces the efficiency of vehicles running on LNG. The experience of operating such cars*



shows that it is necessary to equip additional gas equipment for CNG operation. Work was carried out on the selection of HBO, its installation on the car and testing of the vehicle when working on CNG. In the course of the study, the performance indicators at maximum loads were removed, the transition of the engine from LNG to CNG was analyzed.

Keywords: liquefied natural gas (LNG), compressed natural gas (CNG), cryoase, CNG.

Рынок газомоторного топлива является быстрорастущим направлением в топливно-энергетическом секторе России. Использование в автомобилях компримированного природного газа поддерживается государством достаточно давно, а количество АГНКС в России по итогам 2021 года возросло до 631 станции (ри-



сунк 1) [1].

Рисунок 1 - Статистика развития рынка ГМТ в России  
Развитие рынка ГМТ в России

На территории Башкортостана в 2022 году стало на 10 автомобильных АГНКС больше и теперь в регионе функционирует 51 метановая станция. В прошлом году семь компаний получили субсидии на возмещение затрат на строительство АГНКС, общая сумма поддержки составила 360 млн рублей [2].

Новым направлением развития является использование СПГ в качестве моторного топлива. Криогенные баки для хранения СПГ занимают меньше пространства на автомобиле по сравнению

КОНОФН  
- Доля от

97 -381 254 W-.

123 2П А7.

129 400 2И

421 а

261 В

370

с баллонами для хранения КПП, при этом вмещают больше газа, что увеличивает запас хода. По данным на 2022 год в России действует 24 Крио АЗС [3], однако малое количество крио-станций и большое расстояние между ними усложняет эксплуатацию транспортного средства на этом виде топлива.

Основным потребителем сжиженного газа являются магистральные тягачи производства КамАЗ. Водители обычно планируют свой маршрут так, чтобы обеспечить своевременную заправку автомобиля, что несколько удлиняет маршрут как по расстоянию, так и по времени. Зачастую, в зависимости от маршрута, веса перевозимого груза, рельефа местности, погодных условий расход топлива незапланированно увеличивается и запас хода сокращается, что способствует аварийной остановке транспортного средства и вынуждает водителя вызывать эвакуационную службу для транспортировки автомобиля на заправочную станцию. Малое количество КриоАЗС и маленький запас СПГ на них дополнительно увеличивают время заправки транспорта, так как водителям иногда приходится сутками ждать поступления СПГ на крио- АЗС.

Обеспечить увеличение запаса хода автомобиля и повысить гибкость его маршрута возможно дополнительной установкой ГБО, работающего на компримированном природном газе, в частности, кассеты с баллонами и редуктора высокого давления. Для хранения КПП возможно применить баллоны различного типа, диаметра и длины, оптимально подходящие к компоновке автомобиля. К примеру, на седельный тягач можно установить кассету с 3...4 баллонами сзади кабины, для бортовой машины - вдоль рамы, для автобуса - в заднем свесе и др.

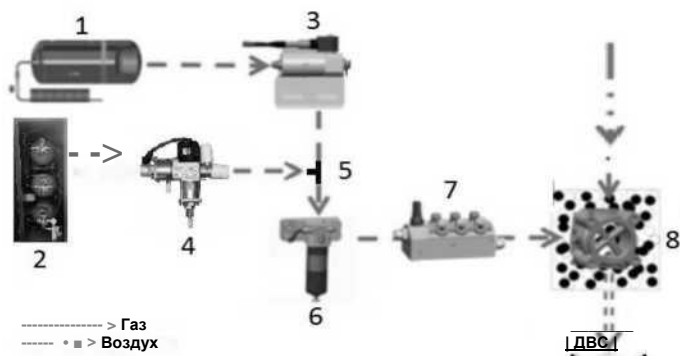
Для повышения эффективности эксплуатации автомобилей, использующих в качестве топлива СПГ в Лаборатории «Газомоторные и альтернативные виды топлива» Башкирского ГАУ было проведено переоборудование седельного тягача КамАЗ М1840 5490-5P (рисунок 2).

Предварительно была изучена система питания СПГ и определены места врезки редуктора компримированного природного газа и требования к параметрам подачи КПП (давление, производительность и др.). В результате предложена схема (рисунок 3) при которой будет осуществляться работа двигателя как на СПГ, так и

на КПГ. По представленной схеме точкой врезки магистрали низкого давления редуктора КПГ является вход в паровой фильтр, с помощью тройника, который монтируется вместо входного штуцера фильтра. Данное решение обеспечивает сохранность заводской магистрали СПГ.

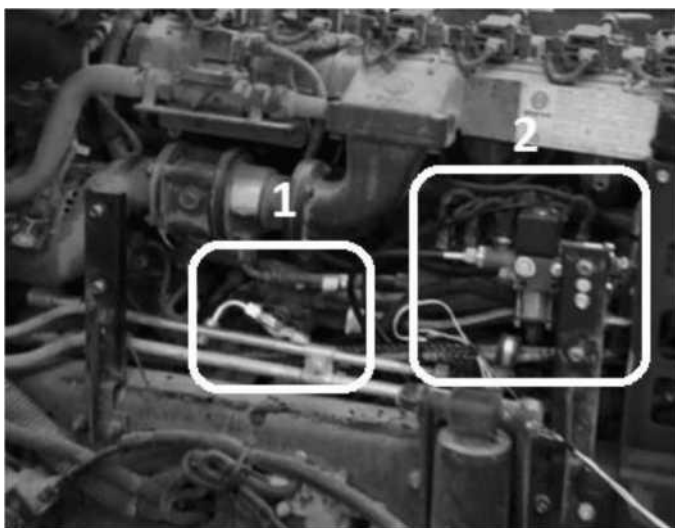


**Рисунок 2 - КамАЗ М1840 5490-5Р с СПГ и КПГ баками**



**Рисунок 3 - Система питания КамАЗ М1840 5490-5Р на СПГ и на КПГ**  
 1 - криогенный бак, 2 - кассета с баллонами КПГ, 3 - редуктор высокого давления СПГ, 4 - редуктор высокого давления КПГ, 5 - тройник, 6 - паровой фильтр, 7 — блок инжекторов, 8 - смеситель.

Редуктор высокого давления КПП установлен с левой стороны двигателя рядом с паровым фильтром и блоком инжекторов (рисунок 4). Изготовлен кронштейн, с помощью которого редуктор закреплен на заднюю опору левого бокового щитка двигателя. Питание редуктора охлаждающей жидкостью реализовано путем перенаправления обратной подачи ОЖ от головки блока к расширительному бачку. Демонтирован заводской шланг, смонтирована новая магистраль от головки блока к редуктору и от редуктора к расширительному бачку. Магистраль высокого давления от кассеты с баллонами до редуктора подобрана сечением 8 мм и проложена параллельно магистрали СПГ, расположенной на внутренней части несущей рамы автомобиля.



**Рисунок 4 - Система питания КПП**

*1 - паровой фильтр с тройником, соединяющий магистраль СПГ и КПП,  
2 - Редуктор высокого давления КПП*

Переключение вида топлива управляется из кабины, кнопкой, расположенной на панели управления. Кнопка управляет электромагнитными реле переключения и 4-х контактным силовым реле. Реле переключения подает ток на запорный клапан редуктора СПГ или редуктора КПП в зависимости от положения кнопки. 4-х контактное силовое электромагнитное реле на 24 В

используется для питания электромагнитных клапанов запорных вентилей баллонов. Блок реле управления установлен в кассете с баллонами.

С целью обеспечения безопасного расстояния от кассеты баллонов до полуприцепа подобрано 3 баллона 1 типа диаметром 254 мм длиной 1640 мм. Суммарный объем баллонов 50 м<sup>3</sup> при заправке до давления 20 МПа должен увеличить запас хода автомобиля на 180 км. С помощью программного обеспечения Компас 3D изготовлен чертеж крепления баллонов, ложементов. Крепление для баллонов сварено из профильной трубы 80х40х3 мм. Кассета с баллонами (рисунок 5) установлена поперек автомобиля, вдоль задней стенки кабины, с помощью стремянки прикреплена к несущей раме.



**Рисунок 5 - Кассета с баллонами 1 типа**

*1 - блок реле управления СПГ-КПГ, 2 - вентиль заправочный выносной с манометром*

После выполненных работ автомобиль направился на АГНКС, баллоны КПП наполнили 50 м<sup>3</sup> природного газа. Проведены испытания и замеры расхода топлива КПП порожнего автомобиля и с грузом 25 тонн (полная масса 39 тонн). Результаты получены на трассе М5 маршрут Уфа-Октябрьский, условия: температура воздуха -10°С, умеренные подъемы и спуски, скорость движения 80 км/ч. В ходе проведения испытаний выявлено, что потери мощности не наблюдается, при переключении типа природного газа на ходу толчков и потери мощности нет. В результате порожний автомобиль расходует 47 м<sup>3</sup> газа на 140 км, с грузом 25 тонн (полная масса 39 тонн) расходует 47 м<sup>3</sup> на 100 км.

Вывод. Испытания седельного тягача КамАЗ М1840 5490-5Р подтвердили работоспособность предложенной модернизации. Установленное ГБО обеспечивает пробег автомобиля с двигателем Weichai на КПП на расстояние 140 км без груза и 100 км с грузом.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Черноиванов, В. И. Цифровые технологии и электронные средства в системе технического обслуживания и ремонта автотракторной и комбайновой техники / В. И. Черноиванов, И. И. Габитов, А. В. Неговора // Труды ГОСНИТИ. - 2018. - Т. 130. - С. 74-81.

2. Габитов, И. И. Современные тенденции технического сервиса топливной аппаратуры автотракторных и комбайновых дизелей / И. И. Габитов, А. В. Неговора // Труды ГОСНИТИ. - 2008. - Т. 101. - С. 38-44.

3. Сеть крио-АЗС: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://rcc.ru/article/v-rossii-rashshiryayutsya-set-krio-azs-i-chislo-avtomobiley-naspg-88530>.

4. Разяпов, М. М. Снижение риска отказов мобильной сельскохозяйственной техники и транспортных средств в условиях низких температур / М. М. Разяпов, Д. А. Гусев // В сб.: Реновация машин и оборудования : материалы Всероссийской научно-практической конференции. - 2017. - С. 160-166.

5. Разяпов, М. М. Повышение надежности агрегатов трансмиссии автотракторной техники при эксплуатации в условиях низких температур / М. М. Разяпов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. - 2020. - № 2 (26). - С. 77-86.

6. Дидманидзе, О. Н. Современный уровень развития двигателей с газомоторной и электрической силовой установками на транспортно-тяговых

средствах / О. Н. Дидманидзе, А. С. Гузалов, Н. А. Большаков // Международный технико-экономический журнал. - 2019. - № 4. - С. 52-59. - DOI 10.34286/1995-4646-2019-67-4-52-59.

7. Математическая модель процесса сгорания и тепловыделения в цилиндре газового двигателя / М. Н. Ерохин, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Р. Т. Хахимов // Чтения академика В. Н. Болтинского (115 лет со дня рождения) : сборник статей семинара, Москва, 22-24 января 2019 года / Под редакцией М. Н. Ерохина. - М. : ООО «Мегаполис», 2019. - С. 19-28.

8. Пуляев, Н. Н. О перспективах применения газомоторного топлива в России / Н. Н. Пуляев, В. С. Богданов, А. И. Сучков // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар, Москва, 20-21 января 2021 года. - М. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. - С. 95-101.

*Об авторах:*

**Неговора Андрей Владимирович**, профессор ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34), доктор технических наук, negovora@bsau.ru.

**Исанбердин Ильнур Раилевич**, младший научный сотрудник ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34).

**Башаров Тимур Расимович**, аспирант ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34).

**Корабельников Сергей Кимович**, директор СПб ГБПОУ «Академия транспортных технологий» (192102, Санкт-Петербург, ул. Салова, д.63), доцент, доктор технических наук, atemk@att.edu.ru.

*About the authors:*

**Andrey V. Negovora**, Professor, Bashkir State Agrarian University (450001, Russian Federation, Republic of Bashkortostan, Ufa, 50-letiya Ok-tyabrya str., 34), D.Sc. (Engineering), negovora@bsau.ru.

**Ilnur R. Isanberdin**, Junior Researcher, Bashkir State Agrarian University (450001, Russian Federation, Republic of Bashkortostan, Ufa, 50-letiya Ok-tyabrya str., 34).

**Timur R. Basharov**, postgraduate student, Bashkir State Agrarian University (450001, Russian Federation, Republic of Bashkortostan, Ufa, 50-letiya Ok-tyabrya str., 34).

**Sergey K. Korabelnikov**, Director of Academy of Transport Technologies (192102, St. Petersburg, Salova str., 63), Associate Professor, D.Sc. (Engineering), atemk@att.edu.ru.

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**Д. В. Варнаков<sup>1</sup>, А. Н. Юденичев<sup>2</sup>, А. В. Бугаев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФАН «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации», г. Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup>Министерство просвещения Российской Федерации, г. Москва, Российская Федерация

*Аннотация.* В статье рассмотрены вопросы оценки эффективности функционирования сложных технических систем. Предложен метод оценки сложных технических систем с учетом особенностей связей элементов, входящих в нее, и характеризующихся не только вероятностными параметрами, но и с точки зрения эффективности их функционирования. Предложенные теоретические основы метода оценки эффективности функционирования сложных технических систем, предполагающие использование математического аппарата, характеризующего интенсивность изменения параметров технической системы в заданных границах, позволяют прогнозировать оптимальные временные интервалы операций технического обслуживания и ремонта. Сложная техническая система рассматривается с точки зрения параметров эффекта и затрат на его достижения, выраженных параметрической функцией. Повышение эффективности технического обслуживания и ремонта путем моделирования и оптимизации ремонтных воздействий предполагает внедрение новых средств оперативной и непрерывной диагностики параметров. Внедрение метода оценки эффективности функционирования сложных технических систем позволяет осуществлять прогнозирование параметрической надежности, выявления потенциальных отказов и их предупреждение.  
*Ключевые слова:* сложная техническая система, надежность, эффективность, технический сервис, моделирование, параметрическая надежность, оптимизация.

## **DEVELOPMENT OF A METHOD FOR ASSESSING THE EFFICIENCY OF THE FUNCTIONING OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS**

**D. V. Varnakov<sup>3</sup>, A. N. Yudenichev<sup>b</sup>, A. V. Bugaev<sup>c</sup>**



<sup>a</sup>*Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russian Federation*

<sup>b</sup>*25 State Research Institute of Chemmotology of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation*

*“The Ministry of Education of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation Abstract. The article deals with the issues of evaluating the effectiveness of the functioning of complex technical systems. A method for evaluating complex technical systems is proposed, taking into account the peculiarities of the connections of the elements included in it, and characterized not only by probabilistic parameters, but also in terms of the effectiveness of their functioning. The proposed theoretical foundations of the method for evaluating the effectiveness of the functioning of complex technical systems, which involve the use of a mathematical apparatus that characterizes the intensity of changes in the parameters of a technical system within given boundaries, make it possible to predict the optimal time intervals for maintenance and repair operations. A complex technical system is considered from the point of view of the parameters of the effect and the cost of achieving it, expressed by a parametric function. Improving the efficiency of maintenance and repair by modeling and optimizing repair impacts involves the introduction of new tools for operational and continuous diagnostics of parameters. The introduction of a method for evaluating the effectiveness of the functioning of complex technical systems makes it possible to predict parametric reliability, identify potential failures and prevent them.*

*Keywords: complex technical system, reliability, efficiency, technical service, modeling, parametric reliability, optimization.*

Сложные технические системы характеризуются как числом элементов, так и особенностью их связей и при их оценке могут характеризоваться не только вероятностными параметрами, но и с точки зрения эффективности их функционирования. Такая постановка приводит к необходимости по-новому оценивать многие, и, в частности, эксплуатационные и оперативные характеристики сложных систем, в том числе работу параметров системы в заданных границах.

Основная идея рассматриваемого метода оценки эффективности заключается в том, что сложная техническая система должна рассматриваться с точки зрения параметров эффекта и затрат на его достижения, выраженных параметрической функцией. Интенсивность приближения параметров, характеризующих эффективность функционирования сложной технической системы к предельно допустимым границам, может быть использована при

планировании и корректировке сроков ее технического обслуживания.

Стратегия технического сервиса строится на основании следующей информации:

- объективных данных о машине (характеристик безотказности и ремонтпригодности);
- специфических особенностей машины (структурной системы, характеристик индикации отказов, наличия встроенного контроля работоспособности);
- данных об условиях эксплуатации.

Внедрение автоматизированных систем технического диагностирования включает в себя решение ряда задач:

- выбор оптимальных сроков проведения плановых восстановительных работ при полной информации о надежности технической системы;
- определение оптимальных сроков проведения плановых восстановительных работ при ограниченной информации о надежности и др.

Нахождение оптимальной стратегии технического обслуживания и ремонта позволяет добиваться наилучших результатов за счет реорганизации правил эксплуатации при минимальных затратах, при этом необходимо определить критерий оптимальности по некоторому показателю, характеризующему качество функционирования.

В качестве математической модели, описывающей эволюцию технической системы во времени, могут быть использованы процессы  $\lambda(t)$ , принадлежащий к одному из следующих классов:

- регенерирующие случайные процессы;
- марковские случайные процессы;
- полумарковские случайные процессы.

В задачах технического сервиса рассматриваются следующие показатели машин при длительной эксплуатации:

- коэффициент готовности  $Kz'$ ;
- вероятность выполнения задачи (коэффициент оперативной готовности)  $R(z)$ ;
- средняя прибыль за единицу календарного времени  $S$ ;

■ средние затраты за единицу времени исправного функционирования  $C$ .

Следует учитывать, что зачастую характеристики надежности точно не определены, а известно лишь, что функции распределения принадлежат некоторому классу. Возможны следующие ситуации:

■ известны значения  $y = (0, j, t_n)$  функции распределения времени безотказной работы  $F(y)$  в отдельных точках  $y = (y_0 = 0, y_i, y_{..})$ , т.е.  $F(y_i) = \dots$ ,  $i = 0, n$  (класс таких функций будем обозначать через  $O(n, y, \alpha)$ );

■ известны моменты распределения  $F(y) = \int_0^y x^k dF(x)$ ,  $k = 1, 2, \dots, m$  (класс таких функций обозначается через  $O(m)$ );

В таких ситуациях может быть использован метод минимакса, при котором сначала среди всех функций распределения, которые характеризуют функционирование системы и информация о которых ограничивается их принадлежностью определенному заданному классу, находятся наихудшие (в смысле данного показателя качества), а затем при этих условиях определяется оптимальное управление.

Рассматривая немарковские управляемые случайные процессы в задачах оптимизации технического обслуживания поведение системы во времени можно выразить как векторный случайный процесс  $X(t)$ , составляющие которого могут меняться непрерывно либо скачкообразно. В таком случае состояние процесса в фиксированный момент времени  $t$  характеризует факт исправности (или неисправности) системы. Чаще всего процесс  $X(t)$  наблюдается дискретно с интервалом  $\Delta t$  в моменты  $t_k = k \Delta t$ ,  $k = 0, 1, 2, \dots$ , т.е. наблюдается последовательность случайных векторов  $X_0, X_1, \dots, X_k$ . Значит, в каждый момент  $t_k$  становится известной вся прошлая траектория случайного процесса  $X(t)$ :  $(x_0, x_1, \dots, x_k) = X_k$ .

Тогда в процессе эксплуатации сложной технической системы в момент  $t_k$  по наблюдаемой траектории  $X_k$  можно принять только два решения:

■ либо не вмешиваться в работу системы и продолжить наблюдение за процессом  $X(t)$ .

■ либо прекратить работу системы и путем замен и регулировок вернуть систему в начальное состояние.

В момент отказа системы, т.е. при  $X_0 \in X_+, \dots, X_{\kappa-1} \in X_+, X_{\kappa} \in X_-$  принимается второе решение (здесь  $x_+$  - пространство исправных состояний системы,  $x_-$  - пространство ее неисправных состояний  $X = X_+ \cup X_-$ , где  $X$  - все пространство состояний системы). Если ввести функцию эксплуатационных потерь системы как  $C_1^*$  - средние потери в случае, когда в момент остановки системы она исправна, а  $C_2^*$  - средние потери в случае, когда в момент остановки система неисправна (отказ), то в момент остановки системы ( $t_k = \kappa At$ ) функция средних удельных потерь имеет вид:

$$y(\kappa) = \begin{cases} \frac{C_1}{t_k} & \text{,если система исправна;} \\ \frac{C_2}{t_k} & \text{.если система неисправна.} \end{cases} \quad (1)$$

Правилом остановки системы при наблюдении за процессом  $X(t)$  (далее просто правилом остановки) назовем случайную величину  $v$  со значениями  $1, 2, \dots, \kappa, \dots$  (момент остановки определяется поведением процесса  $X(t)$ , поэтому он случаен во времени). Считаем, что решение об остановке в момент  $t_k$  зависит только от траектории процесса  $X_{\kappa}$  до момента  $t_k$ .

Для правила остановки  $v$  - случайной величины с распределением  $P_j v - kJ, \kappa = 1, 2, \dots$  средние потери:

$$Y(v) = S^P (v = \kappa) \sum_{\kappa=1} Y_{\kappa} \quad (2)$$

При решении задач эксплуатации правило  $v^*$  оптимально, если  $y(v^*) = \min y(v)$ . Под величинами  $C_1$  и  $C_2$  могут пониматься соответственно средние времена регулировок исправной  $I_1$  и неисправной  $I_2$  систем.

Таким образом, повышение эффективности технического сервиса машин путем моделирования и оптимизации ремонтных воздействий предполагает внедрение новых средств оперативной

и непрерывной диагностики параметров. Внедрение рассмотренных методов дает возможность прогнозирования параметрической надежности, выявления потенциальных отказов и их предупреждения, что позволяет реализовать техническое обслуживание по фактическому состоянию.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

Едидманидзе, О. Н. О перспективах развития автомобильного транспорта в агропромышленном комплексе / О. Н. Дидманидзе, А. М. Карев, Г. Е. Митягин // Международный научный журнал. - 2016. - № 1. - С. 53-65.

2. Цифровые технологии в техническом сервисе АПК / М. Н. Ерохин, Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, М. Ю. Карелина // В сб.: Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар. - 2021. - С. 34-43.

3. Патент № 2743092 С9 Российская Федерация, МПК G01M 15/00, G01M 15/05. Способ и система контроля параметров технического состояния двигателя внутреннего сгорания : № 2019118838 : заявл. 17.06.2019 : опубл. 22.02.2022 / Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, Д. Н. Яшин [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный университет».

4. Варнаков, Д. В. Применение контрольных карт Шухарта в системах измерения параметров / Д. В. Варнаков, М. А. Афонин // Аграрный научный журнал. - Саратов: СГАУ, 2018. - №2. - С. 54-58.

5. Варнаков, Д. В. Использование диагностических параметров при оценке и прогнозировании параметрической надежности двигателей автотранспортных средств : монография / Д. В. Варнаков. - Ульяновск: УлГУ, 2013. - 124 с. - ISBN 978-5-88866-486-5.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018614322 Российская Федерация. Оценка эффективности управления процессами технического обслуживания и ремонта машин : № 2018611398 : заявл. 13.02.2018 : опубл. 04.04.2018 / Д. В. Варнаков, М. А. Афонин, М. Е. Дежаткин [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный университет».

7. Трухачев, В. И. Будущее тракторостроения в России / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев // В сб.: Подъемнотранспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы : сборник статей 26-ой Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. - 2022. - С. 15-21.

8. Варнаков, Д. В. Применение методики прогнозирования надежности двигателей военной автомобильной техники в нормальном и специальном эксплуатационных режимах / Д. В. Варнаков, М. А. Афонин, Д. В. Пикулин // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения: военно-научный журнал. - 2017. - № 2 (42). - С. 85-90.

9. Афонин, М. А. Применение CALS-технологии информационной поддержки на стадии эксплуатации автотранспортных средств как способ обеспечения их надежности / М. А. Афонин, А. Е. Клименко, Д. В. Варнаков // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения: военно-научный журнал. - 2018. - №2 (46). - С. 41-50.

10. Дидманидзе, О. Н. Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов / О. Н. Дидманидзе, А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев // Техника и оборудование для села. - 2020. - № 11 (281).-С. 39-43.

*Об авторах:*

**Варнаков Дмитрий Валерьевич**, профессор кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» (432017, Российская Федерация, Ульяновск, ул. Льва Толстого, д. 42), доктор технических наук, доцент, vamdm@mail.ru.

**Юденичей Андрей Николаевич**, младший научный сотрудник ФАУ «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации» (121467, Российская Федерация, Москва, ул. Молодогвардейская, д. 10).

**Бугаев Александр Вячеславович**, первый заместитель Министра просвещения Российской Федерации (127006, Российская Федерация, Москва, ул. Каретный Ряд, д. 2), кандидат технических наук.

*About the authors:*

**Dmitrii V. Varnakov**, professor of the Department of Technosphere Security, Ulyanovsk State University (432017, Russian Federation, Ulyanovsk, Lva Tolstogo str., 42), D.Sc. (Engineering), associate professor, vamdm@mail.ru.

**Andrey N. Yudenichev**, Junior Researcher at the FAI «25 State Research Institute of Chemmotology of the Ministry of Defense of the Russian Federation» (121467, Russian Federation, Moscow, Molodogvardeyskaya str., 10).

**Aleksandr V. Bugaev**, First Deputy Minister of Education of the Russian Federation (127006, Russian Federation, Moscow, Karetny Ryad str., 2), Cand.Sc. (Engineering).

## РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ УЛАВЛИВАНИЯ ПАРОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ С СИСТЕМОЙ ОЦЕНКИ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

**Е. А. Варнакова<sup>1</sup>, О. Н. Дидманидзе<sup>2</sup>, Д. В. Варнаков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

*Аннотация.* В статье рассмотрены основные экологические проблемы, связанные с увеличением потребления нефтепродуктов автомобильным транспортом, технологией их заправки и топливообеспечения. Приведен анализ потерь от испарения нефтепродуктов на нефтебазах и при их транспортировке.

*Рассмотрены современные способы улавливания нефтепродуктов при испарении из резервуаров при больших и малых «дыханиях» на нефтебазах и на автозаправочных станциях, а также установки улавливания паров нефтепродуктов на автозаправочных станциях. Определены наиболее энергоэффективные способы рекуперация паров нефтепродуктов.*

*Представлен разработанный на основании проведенных ранее исследованиях метод определения требуемых параметров селективности мембран для улавливания паров нефтепродуктов, вытесняемых из баков автотранспортных средств при их заправке и технологическая схема его реализации. Ключевые слова: нефтепродукты, автомобильный транспорт, технология заправки, топливообеспечение, потери нефтепродуктов, рекуперация нефтепродуктов.*

## DEVELOPMENT OF PETROLEUM VAPOR TREATMENT WITH A SYSTEM FOR EVALUATION OF THEIR EFFICIENCY

**E. A. Varnakova<sup>3</sup>, O. N. Didmanidze<sup>b</sup>, D. V. Varnakov<sup>3</sup>**

<sup>a</sup>Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russian Federation <sup>b</sup>Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

*Abstract.* The article deals with the main environmental problems associated with an increase in the consumption of petroleum products, road transport, the

*technology of their refueling and fuel supply. The analysis of losses from evaporation of oil products at oil depots and during their transportation is given. Modern methods of capturing oil products during evaporation from tanks with large and small «breaths» at oil depots and gas stations, as well as installations for capturing oil vapors at gas stations are considered. The most energy-efficient ways of recuperation of vapors of oil products are determined. A method developed on the basis of previous studies for determining the required selectivity parameters of membranes for trapping vapors of petroleum products displaced from the tanks of motor vehicles during their refueling, and a technological scheme for its implementation are presented.*

*Keywords: oil products, road transport, fueling technology, fuel supply, loss of oil products, recovery of oil products.*

Увеличение потребления нефтепродуктов сопровождается обострением экологических проблем, связанных с автомобильным транспортом, что особенно актуально для крупных городов. Все большее значение приобретают вопросы снижения загрязнения окружающей среды путем повышения экологических показателей автотранспортных средств, технологии их заправки и топливообеспечения.

Процессы топливообеспечения автотранспортных средств непосредственно связаны со сливноналивными операциями как непосредственно на автозаправочных станциях, так и на всех этапах перевалки нефтепродуктов, и потерями их в виде паровоздушной смеси, вытесняемой из резервуаров или баков автотранспортных средств в окружающую среду при их заполнении. Потери от испарения нефтепродуктов на нефтебазах и при транспортировке составляют примерно 4,5 % от общей суммы потерь. Одним из основных источников естественной убыли нефтепродуктов являются их потери от испарения из резервуаров при больших и малых «дыханиях». «Большие дыхания» имеют место при операциях заполнения резервуаров.

Основным источником загрязнений на автозаправочных станциях являются «большие дыхания». В общем объеме выбросов вредных веществ они составляют около 40 %, что создает иногда в рабочей зоне максимальные разовые концентрации, превышающие предельно допустимые. Потери при «малых дыханиях» ввиду заглубленности резервуаров на автозаправочных станциях незначительны, поэтому при технически исправной дыхательной



аппаратуре загрязнение воздушной среды практически не происходит, однако они характерны для резервуарных парков нефтебаз.

Современные способы улавливания нефтепродуктов при испарении из резервуаров при больших и малых «дыханиях» достаточно распространены и нашли свое применение как на нефтебазах, так и на автозаправочных станциях. В последние годы крупные вертикально-интегрированные нефтедобывающие компании внедряют установки улавливания паров нефтепродуктов на автозаправочных станциях.

В настоящее время перспективными являются технологии по улавливанию паров нефтепродуктов из баков автомобилей при их заправке. Основной технологической проблемой при этом является разработка энергоэффективных средств разделения паровоздушной смеси. Поэтому совершенствование способов улавливания паров нефтепродуктов из баков автомобилей при их заправке, и снижение их влияния на окружающую среду является актуальной задачей [7, 8].

Анализ проведенных ранее исследований показал, что значительная часть потерь нефтепродуктов приходится на испарение при хранении, транспортировке, а также заправке автомобилей. Улавливание паров нефтепродуктов является актуальной и экономически целесообразной задачей.

Существующие способы рекуперации паров нефтепродуктов в условиях эксплуатации подземных резервуаров АЗС, и резервуарных парков нефтебаз можно классифицировать по следующим принципам функционирования:

- захлаживание паровоздушной смеси в холодильниках (без изменения давления) до конденсации углеводородов в жидкую фазу (криогенные технологии);
- сжатие смеси с одновременным захлаживанием до конденсации паров;
- адсорбция углеводородов из смеси адсорбентом с последующей десорбцией;
- разделение паровоздушной смеси на мембранах, обладающих определенной селективностью;
- абсорбция углеводородов из смеси абсорбентом с последующей десорбцией и разделением фракций.

Наиболее энергоэффективным способом является рекуперация паров нефтепродуктов посредством разделения и конденсации паровоздушной смеси на мембранах, обладающих селективностью в отношении углеводородов.

Одной из главных задач при разделении паровоздушной смеси на мембранах является обеспечение селективности, но при этом необходима приблизительно одинаковая эффективность в отношении различных групп углеводородов. В таком случае важное значение имеет правильный подбор мембран, обладающих высокой эффективностью.

Проведенные ранее исследования позволили разработать метод определения требуемых параметров селективности мембран для улавливания паров нефтепродуктов, вытесняемых из баков автотранспортных средств при их заправке.

Для определения необходимой производительности системы улавливания паров углеводородов на АЗС были проведены исследования по определению количества топлива теряемого при заправке автомобиля.

Сравнение количества паров нефтепродуктов, вытесняемых из бака автомобилей при их заправке, и данных, полученных на имитационной модели (рисунок 1) показало высокую степень схожести полученных результатов.



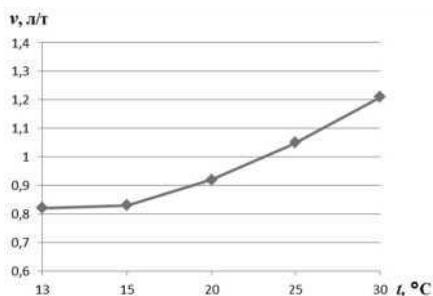
**Рисунок 1 - Имитационная модель**

Для определения зависимости количества потерь нефтепродуктов от испарения для различных температур топлива использовалась имитационная модель.

Для исследования использовался бензин неэтилированный Премиум ЕВРО-95, вид II (АИ-95-4) по ГОСТ Р 51866-2002. По проверенным показателям бензин неэтилированный Премиум ЕВРО-95 (АИ-95-4) соответствует требованиям ГОСТ Р 518662002 с изм. 1-4 и нормам технического регламента «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» в отношении автомобильного бензина класса 4.

Для определения необходимой производительности системы улавливания паров углеводородов на АЗС был проведён эксперимент по определению количества топлива теряемого при заправке автомобиля.

Исследования показали, что существует зависимость количества вытесняемого топлива в виде паровоздушной смеси от температуры (рисунок 2).



**Рисунок 2 - Зависимость количества вытесняемого топлива (Премиум-95) в виде паровоздушной смеси от температуры окружающей среды**

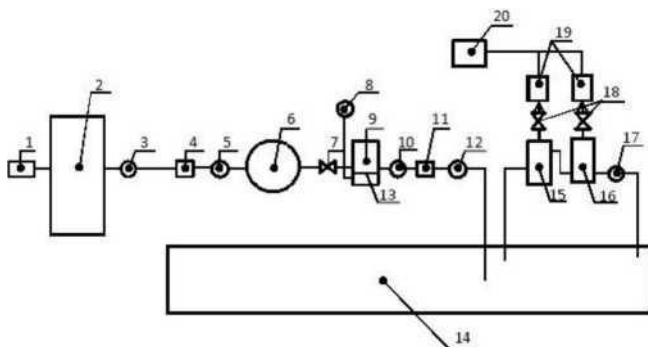
Потери нефтепродуктов от испарения в окружающую среду при заправке автомобилей составляют 0,09.. 0,12 % от количества заправляемого нефтепродукта.

Зависимость количества вытесняемого топлива от температуры окружающей среды может быть представлена уравнением:

$$Y = -0,0042x^3 + 0,0618x^2 - 0,144x + 0,906 \quad (1)$$

где  $x$  - температура окружающей среды, °C;  $y$  - количество вытесняемого топлива в пересчете на литры. Достоверность аппроксимации  $-R^2 = 0,99$ .

По результатам исследования потерь нефтепродуктов от испарения получен патент на изобретение № 2778656 С2 «Установка улавливания паров нефтепродуктов на АЗС с разделением паровоздушной смеси на мембранах с системой контроля её эффективности».



**Рисунок 3 - Установка улавливания паров нефтепродуктов на АЗС с разделением паровоздушной смеси на мембранах с системой контроля её эффективности**

Принцип работы заключается в том, что установка улавливания паров нефтепродуктов содержащая заправочный пистолет, обеспечивающий поступление вытесняемых при заправке автомобиля паров углеводородов в топливозаправочную колонну, внутри которой установлен насос для перекачки паровоздушной смеси, имеющий соединение с датчиком давления, при срабатывании которого происходит нагнетание паровоздушной смеси в ресивер при помощи компрессора, клапан, первый блок селективных мембран, второй мембранный блок селективного действия, в который частично поступает очищенная паровоздушная смесь, при этом чистый воздух и водяные пары удаляются из системы через клапаны мембран, а конденсированный нефтепродукт перекачивается насосом в топливный резервуар, отличающийся тем, что паровоздушная смесь из ресивера поступает сначала в блок конденсации водяного пара с расположенным внутри датчиком уровня воды и насосом для откачки воды, затем в фильтр очистки от пыли и механических частиц, а потом в резервуар с топливом. Также устройство содержит датчики давления и газоанализаторы, данные с

которых поступают на блок управления, который в случае превышения допустимых значений (концентраций) сигнализирует о необходимости замены мембранных блоков.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Хранение нефти и нефтепродуктов : учебное пособие / Под общей редакцией Ю. Д. Земенкова. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2001. - 550 с.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020662984 Российская Федерация. Оценка эколого-экономических последствий загрязнения земель нефтью и нефтепродуктами : № 2020662044 : заявл. 09.10.2020 : опубл. 21.10.2020 / Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, А. В. Бугаенко [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет».

3. Варнаков, В. В. Моделирование процесса очистки биотоплива для повышения экологичности автомобилей / В. В. Варнаков, Д. В. Варнаков, А. В. Платонов // Ученые записки Российского государственного социального университета. -2012.-№9.-С. 12-16.

4. Волгушев, А. Н. Автозаправочные станции / А. Н. Волгушев. - СПб. :ДНК, 2001.- 176 с.

5. Варнаков, В. В. Обоснование и расчет рациональных конструктивных параметров гидроциклона для снижения загрязненности дизельного топлива/В. В. Варнаков, Д. В. Варнаков, К. Р. Кундротас//Международный технико-экономический журнал. - 2011.-№2. - С. 100-105.

6. Хотунцев, Ю. Л. Экология и экологическая безопасность / Ю. Л. Хотунцев. - М. : Издательский центр «Академия», 2002. - 480 с.

7. Варнакова, Е. А. Перспективные способы снижения потерь нефтепродуктов на АЗС и оценка ущерба от выбросов паров нефтепродуктов в атмосферу / Е. А. Варнакова // Международный технико-экономический журнал. - 2013.-№3.-С.99-103.

8. Патент № 2778656 С2 Российская Федерация, МПК В01Д 53/74. Установка улавливания паров нефтепродуктов на АЗС с разделением паровоздушной смеси на мембранах с системой контроля ее эффективности : № 2021106316 : заявл. 24.08.2020 : опубл. 22.08.2022 / Е. А. Варнакова, Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет».

9. Патент на полезную модель № 84253 U1 Российская Федерация, МПК В01Д 53/14. Установка улавливания паров нефтепродуктов и удаления воды для наземных горизонтальных стальных резервуаров : № 2009105369/22 : заявл. 16.02.2009 : опубл. 10.07.2009 / К. Р. Кундротас, Ю. А. Матвеев, Ю. П. Марцев [и др.].

10. Патент на полезную модель № 137512 U1 Российская Федерация, МПК В60К 15/035. Устройство улавливания паров углеводородов на автозаправочных станциях : № 2013141693/11 : заявл. 10.09.2013 : опубл. 20.02.2014 / В. В. Варнаков, Д. В. Варнаков, А. В. Платонов, Е. А. Варнакова ; заявитель ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет».

11. Патент на полезную модель № 193208 U1 Российская Федерация, МПК В60S 5/02. Модернизированный пистолет для системы улавливания паров нефтепродуктов из баков автотранспортных средств на АЗС с индикацией негерметичного соединения пистолета и бака: № 2019119759 : заявл. 24.06.2019 : опубл. 16.10.2019 / Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, Д. Н. Яшин [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет».

*Об авторах:*

**Варнакова Екатерина Алексеевна**, старший преподаватель ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» (432017, Российская Федерация, Ульяновск, ул. Льва Толстого, д. 42), кандидат технических наук.

**Дидманидзе Отари Назирович**, заведующий кафедрой тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор, академик РАН, didmanidze@rgau-msha.ru.

**Варнаков Дмитрий Валерьевич**, профессор кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» (432017, Российская Федерация, Ульяновск, ул. Льва Толстого, д. 42), доктор технических наук, доцент, vamdm@mail.ru.

*About the authors:*

**Ekaterina A. Varnakova**, Senior Lecturer of Ulyanovsk State University (432017, Russian Federation, Ulyanovsk, Lva Tolstogo str., 42), Cand.Sc. (Engineering).

**Otary N. Didmanidze**, Head of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, didmanidze@rgau-msha.ru.

**Dmitrii V. Varnakov**, professor of the Department of Technosphere Security, Ulyanovsk State University (432017, Russian Federation, Ulyanovsk, Lva Tolstogo str., 42), D.Sc. (Engineering), associate professor, vamdm@mail.ru.

## **СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ТЕПЛОВОЙ ПОДГОТОВКЕ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

**М. М. Разяпов, Ш. Ф. Нигматуллин, Р. Ф. Самиков**

*ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа, Российская Федерация*

*Аннотация. Генератор горячих газов потребляет от 70 до 150 Вт мощности аккумуляторной батареи автомобиля. В условиях низких температур это приводит к снижению емкости аккумулятора и, как следствие, невозможности запуска двигателя автотранспортного средства. Становится актуальным вопрос снижения потребляемой электроэнергии генератора горячих газов без изменения потребительских качеств последнего.*

*Ключевые слова: тепловая подготовка, генератор горячих газов, направляющая насадка, термоэлектрический генератор, потери тепловой энергии.*

## **REDUCING ENERGY COSTS DURING HEAT TREATMENT OF MOTOR VEHICLES**

**M. M. Razyapov, S. F. Nigmatullin, R. F. Samikov**

*Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russian Federation*

*Abstract. A hot gas generator consumes from 70 to 150 W of power from a car battery. At low temperatures, this leads to a decrease in battery capacity, and as a result, the inability to start the vehicle engine. The issue of reducing the consumed electric power of the generator of hot gases becomes urgent, without changing the consumer qualities of the latter.*

*Key words: heat treatment, hot gas generator, nozzle, thermoelectric generator, heat energy losses.*

Суровые климатические условия регионов северных стран предопределили разработку большого количества различных средств и способов тепловой подготовки автотранспорта к запуску двигателя и эксплуатации в холодное время года. Наиболее перспективным направлением решения вопросов, является использование в качестве теплового модуля генератора горячих газов (ГГГ), где в качестве источника тепловой энергии выступают разогретый поток газов [5, с. 264].

Генератор горячих газов предназначен для подготовки к эксплуатации АТС в холодное время года и применяется для:

- прогрева моторного масла в картере двигателя с целью облегчения его запуска в холодное время года;

- прогрева картера коробки передач, раздаточной коробки и картеров редукторов заднего и переднего мостов, аккумуляторной батареи, элементов пневматической тормозной системы и элементов топливной системы;

- предпускового подогрева двигателей с воздушным охлаждением;

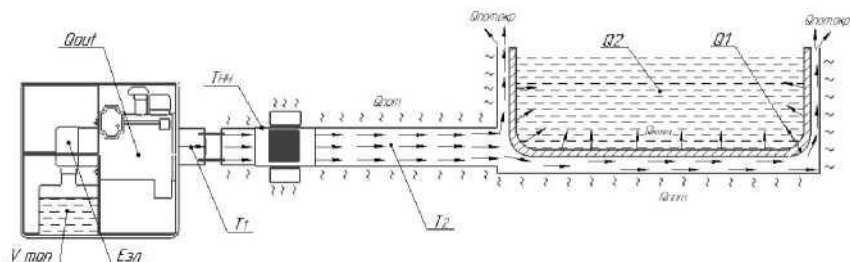
- обогрева обитаемых помещений через радиатор, по которому на проход подается нагретый воздух [6, с. 79].

Генератор горячих газов работает следующим образом: нагнетательный вентилятор нагнетает воздух в корпус подогревателя 1 (рисунок 1) и в камеру сгорания. Форсунка распыляет топливо, подаваемое импульсным насосом из бака 2, штифт накаливания воспламеняет впрыснутое топливо [4, с. 40]. На выходе из подогревателя образуется смесь отработавших газов и воздуха, имеющая высокую (до 450...550 °С) температуру. Суть тепловой подготовки агрегатов автомобиля состоит в том, что на подогреватель 1 устанавливается направляющая насадка 3 и фальшподдон 4 в которые подаются горячие газы из подогревателя. Насадка и фальшподдон обеспечивают подвод основной части тепловой энергии к агрегатам и снижают потери теплоносителя путём рассеяния в атмосферу. Такая система способна обеспечить прогрев эксплуатационной жидкости различных агрегатов автомобиля до температуры 8...10 °С в течении 15...45 минут при температуре окружающей среды - 40 °С [7, с. 73].

Однако необходимо учесть, что источником питания подогревателя, в основном, является аккумуляторная батарея АТС. И в реальных условиях эксплуатации при тепловой подготовке техники происходит разряд АКБ, что может привести к невозможности запуска ДВС или снижению ресурса АКБ [3, с. 137].

С целью повышения использования энергетических ресурсов ГТГ при тепловой подготовке АТС, а в частности потребляемую электроэнергию, на направляющую насадку был установлен термоэлектрический генератор [1, с. 14].

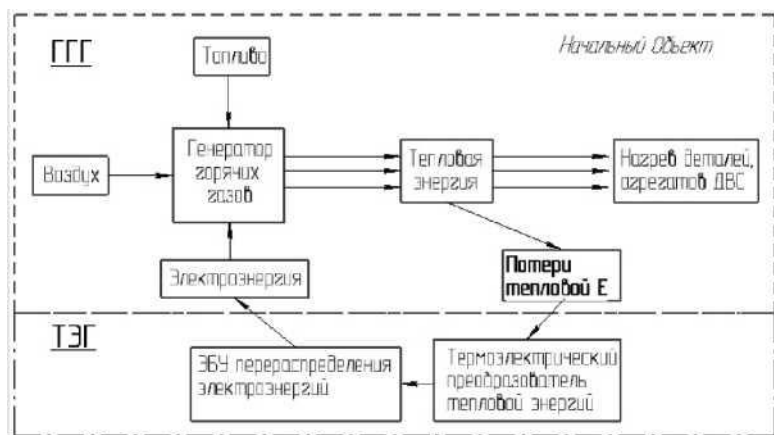




**Рисунок 1 - Принципиальная схема работы генератора горячих газов**

$\text{Ц}_{\text{оп}}$  - топливо;  $\text{Е}_{\text{эл}}$  - электрическая энергия;  $\text{Q}_{\text{out}}$  - количество выделенной теплоты;  $\text{T}_2$  - температура на выходе с камеры сгорания;  $\text{T}_2$  - температура на выходе с направляющей насадки;  $\text{T}_{\text{нн}}$  - температура нагрева направляющей насадки;  $\text{Q}_{\text{пот}}$  - потери тепловой энергии в виде лучистого излучения и конвективного теплопереноса в окружающую среду;  $2_{\text{пот.окр}}$  - потери теплоты теплоносителем, выходящим из фальшподдона;  $@_{\text{полез}}$  - полезная теплота, использованная на нагревание агрегата

Рассмотрим структурную схему ГГГ (рисунок 2) с предложенной системой преобразования тепловой энергии в электрическую.



**Рисунок 2 - Схема работы генератора горячих газов совместно с термоэлектрическим генератором**

Для работы ГГГ необходимо три компонента: воздух, топливо и электроэнергия. На выходе получаем тепловую энергию, которая расходуется на тепловую подготовку автотранспортного

средства, часть энергии с направляющей насадки рассеивается в виде лучистого излучения и конвективного теплопереноса в окружающую среду. Тепловую энергию с направляющей насадки ГТГ преобразуем в электрическую энергию с помощью термоэлектрического генератора ТЭГ [2, с. 127]. Полученная электрическая энергия подключается параллельно к цепи питания центробежного нагнетателя воздуха ГТГ.

Таким образом, определена возможность снижения энергопотребления аккумуляторной батареи генератором горячих газов с применением термоэлектрических генераторных модулей. Для сглаживания работы разработанной системы, в нее внедрены конденсаторы, которые будут сглаживать падение напряжения в момент уменьшения разницы температуры.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Габитов, И. И. Интеллектуализация технического обслуживания и ремонта автотракторной и комбайновой техники / И. И. Габитов / Вестник Башкирского государственного аграрного университета. - 2018. - №3 (47). - С. 13-17.
2. Оптимизация процесса тепловой подготовки сельскохозяйственной техники в условиях низких температур / И. И. Габитов, А. В. Неговора, М. М. Рязанов, Д. А. Гусев // Технический сервис машин.-2019.-№ 1 (134). -С. 122-130.
3. Неговора, А. В. Современная концепция тепловой подготовки автотракторной техники в условиях низких температур / А. В. Неговора, М. М. Рязанов, С. З. Инсафуддинов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. - 2018.- №4 (48). - С. 135-141.
4. Современные проблемы эксплуатации автомобилей в условиях низких температур независимо от климатической зоны / А. В. Неговора, М. М. Рязанов, П. Г. Курдин, Ю. К. Филиппов, В. А. Токарев // Журнал автомобильных инженеров. - 2017. - №4 (105). - С. 36-41.
5. Самиков, Р. Ф. Повышение коэффициента полезного действия генераторов горячих газов / Р. Ф. Самиков, М. М. Рязанов // В сб.: Наука молодых - инновационному развитию АПК. - 2018. - С. 263-267.
6. Черноиванов, В. И. Цифровые технологии и электронные средства в системе технического обслуживания и ремонта автотракторной и комбайновой техники / В. И. Черноиванов, И. И. Габитов, А. В. Неговора // Труды ГОСНИТИ. - 2018. - Т. 130. - С. 74-81.
7. Modeling the technological process of tillage / S. G. Mudarisov, I. I. Gabitov, Y. P. Lobachevsky, N. K. Mazitov, R. S. Rakhimov, R. R. Khamaletdinov,

I. R. Rakhimov, I. M. Farkhutdinov, A. M. Mukhametdinov, R. T. Gareev // Soil & Tillage Research. - 2019. - Т. 190. - С. 70-77.

8. Diagnostics and regulation of fuel equipment of diesels on stands with injection to medium with counter-pressure / I. I. Gabitov, S. Z. Insafuldinov, D. D. Kharisov, F. R. Safin, A. V. Negovora, N. M. Yunusbaev, A. F. Akhmetov, T. Farhutdinov, A. Sharafeev // Journal of Engineering and Applied Sciences. - 2018.-Т. 13.-№S11.-С. 8782-8788.

9. Неговора, А. В. Обоснование конструктивно - режимных параметров предпускового подогревателя / А. В. Неговора, Д. А. Гусев // Труды ГОСНИТИ. - 2016. - Т. 125. - С. 90-96.

*Об авторах:*

**Рязнов Махмут Магдутович**, доцент, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34), кандидат технических наук, mahmut\_23@mail.ru.

**Нигматуллин Шамиль Файзрахманович**, доцент, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34), кандидат технических наук, SHAMIL.bosch@mail.ru.

**Самиков Руслан Фанзилович**, аспирант, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34).

*About the authors:*

**Mahmut M. Razyapov**, Associate Professor, Bashkir State Agrarian University (450001, Republic of Bashkortostan, Ufa, ul. im. 50th anniversary of October, 34), Cand.Sc. (Engineering), mahmut\_23@mail.ru.

**Shamil F. Nigmatullin**, Associate Professor, Bashkir State Agrarian University (450001, Republic of Bashkortostan, Ufa, ul. im. 50th anniversary of October, 34), Cand.Sc. (Engineering), SHAMIL.bosch@mail.ru.

**Ruslan F. Samikov**, postgraduate student, Bashkir State Agrarian University (450001, Republic of Bashkortostan, Ufa, ul. im. 50th anniversary of October, 34).

## **ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Ю. В. Катаев, В. С. Герасимов, И. А. Тишанинов, Е. А. Градов**  
*Федеральный научный агроинженерный центр «ВИМ», г. Москва, Россий-  
ская Федерация*

*Аннотация. Для современной диагностики разрабатываются методы и средства определения технического состояния узлов агрегатов энергонасыщенной сельскохозяйственной техники. Результатом диагностирования является заключение о техническом состоянии объекта с указанием места, вида и причин отказов. В связи с этим использование цифровых технологий при диагностировании сельскохозяйственной техники является актуальной проблемой для инженерного корпуса АПК. Ключевые слова: сельскохозяйственная техника, двигатель, диагностика, техническое состояние, CAN-шина.*

## **DIAGNOSTICS OF THE TECHNICAL CONDITION OF EN- ERGY-SATURATED AGRICULTURAL MACHINERY USING DIGITAL TECHNOLOGIES**

**Yu. V. Kataev, V. S. Gerasimov, I. A. Tishaninov, E. A. Gradov**  
*Federal Scientific Agroengineering Center «VIM», Moscow, Russian Federation*

*Abstract. Modern diagnostics develops methods and means for determining the technical condition of units of energy-saturated agricultural machinery. The result of the diagnosis is a conclusion on the technical condition of the object indicating the location, type and causes of failures. In this regard, the use of digital technologies in the diagnosis of agricultural machinery is an urgent problem for the engineering corps of the agro-industrial complex.*

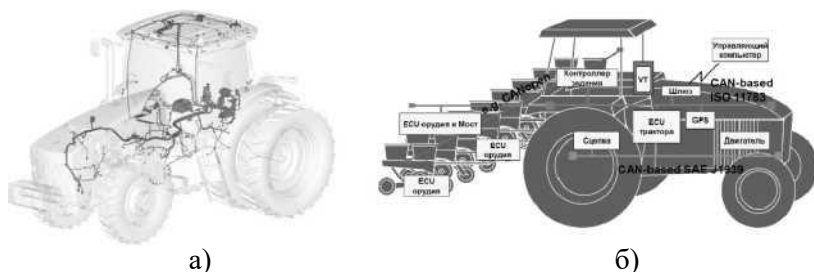
*Keywords: agricultural machinery, engine, diagnostics, technical condition, CAN-bus.*

Использование интеллектуальных цифровых технологий диагностирования представлено на примере трактора John Deere 7830, принадлежащего к классу универсально-пропашных машин.

Трактор John Deere 7830 оснащен цифровыми интеллектуальными системами, обеспечивающими высокую эффективность машины при выполнении работ. Одним из таких решений является система IPM, которая отвечает за работу двигателя путем управления его мощностью. Двигатель самостоятельно подбирает требуемую мощность в зависимости от степени нагрузок, благодаря чему повышается экономия топлива [1-4].

Следует отметить, что бортовой компьютер трактора обладает диагностической функцией. Электронная контрольно-измерительная панель, расположенная в кабине трактора, соединена с блоком управления двигателем John Deere, что позволяет оператору своевременно осуществлять мониторинг характеристик двигателя, а также диагностировать любые проблемы, которые возникают во время работы.

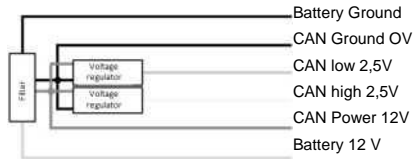
Некоторое программное обеспечение позволяет получить доступ к CAN-шине, а соответственно и к более широкому спектру информации о техническом состоянии машины [5-10]. В машинах John Deere данный интерфейс носит название CANBUS и представляет собой локальную сеть контроллеров (рисунок 1).



**Рисунок 1 - а) Локальная сеть контроллеров трактора; б) Структура CAN-сети трактора**

CANBUS представляет собой систему, состоящую из четырех проводов: CAN high (желтый), CAN low (зеленый), CAN power (красный) и CAN ground (черный) (рисунок 2).

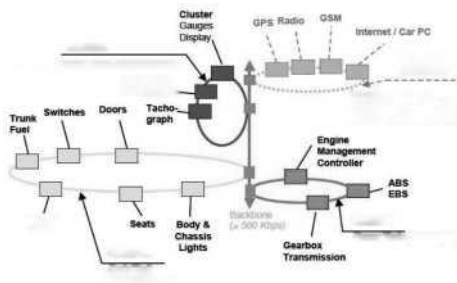
При отправке сообщения и во время передачи бита напряжение на проводе CAN high возрастает на 1 вольт, а на проводе CAN low - снижается на 1 вольт.



**Рисунок 2 - Система CANBUS**

Благодаря применению технологии электронного управления в тракторе большой мощности, технология шины CAN широко используется в передаче сообщений и диагностике неисправностей тракторного двигателя, шасси, коробки передач, а также других систем.

Стандарт сети предоставляет широкие возможности для практически безошибочной передачи данных между узлами (рисунок 3), оставляя разработчику возможность вложить в этот стандарт всё, что туда сможет поместиться. Известны примеры передачи звука и изображения по шине CAN (Россия). Известен случай создания системы аварийной связи вдоль автодороги длиной несколько десятков километров (Германия). (В первом случае нужна



была большая скорость передачи и небольшая длина линии, во втором случае - наоборот).

CAN-шина информационно-командной системы (медленная



шина) позволяет передавать информацию со скоростью до 100 кбит/с. Она служит для связи между различными обслуживающими

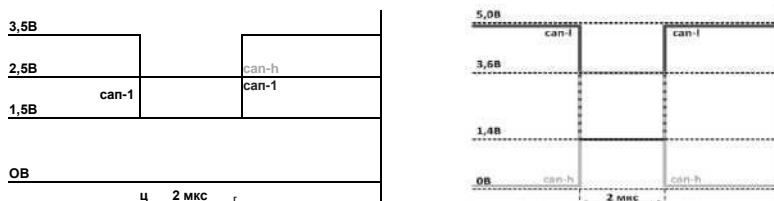
Climate HVAC

CLASS C  
Power Train (250 Kbps)

**Рисунок 3 - Децентрализованная архитектура бортовой сети**

системами. Может находиться в доминантном состоянии при выключенном зажигании.

Передача сообщений в шине CAN представляет собой электрические сигналы, поступающие с CAN-шины силового агрегата (рисунок 4а), которые отличаются от сигналов, поступающих с



CAN-шины и информационно-командной системы (рисунок 4б):  
**лового агрегата**

Функцию передачи сообщений между шинами разных типов



Рисунок 4 - Форма сигнала, проходящего по проводам CAN-шины си

выполняет межсетевой интерфейс (рисунок 5):

**Выводы.** Данные в CAN передаются короткими сообщениями-кадрами стандартного формата. В CAN существуют четыре типа сообщений: Data Frame; Remote Frame; Error Frame; Overload Frame. Таким образом, оператор имеет полную картину, характеризующую техническое состояние силового агрегата трактора John Deere 7830.

Рисунок 5 - CAN-шина силового агрегата и CAN-шина  
**информационно-командной системы**



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дидманидзе, О. Н. Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов / О. Н. Дидманидзе, А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев // Техника и оборудование для села. - 2020. - № 11(281).-С. 39-43.

2. «John Deere» : сайт компании [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.deere.ru/ru>.

3. Дидманидзе, О. Н. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. - 2020. - Т. 21, № 1. - С. 74-85. - DOI 10.30766/2072-9081.2020.21.1.74-85.

4. Янченков, А. П. О перспективах применения альтернативного топлива в мобильных энергетических средствах / А. П. Янченков, Н. Н. Пуляев // Тепловые двигатели, автомобили и тракторы : Материалы Международной студенческой научной конференции имени профессора А.М. Гуревича. Сборник научных трудов, Киров, 29 марта 2021 года. - Киров: ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет», 2021. - С. 9-12.

5. Семейкин, В. А. Теоретические предпосылки организации процесса входного контроля качества машиностроительной продукции / В. А. Семейкин, А. С. Дорохов // Вестник ФГОУ ВПО имени В.П. Горячкина. - 2007. - № 2(22). - С. 92-94.

6. Катаев Ю. В. Контроль технического состояния сельскохозяйственной техники через онлайн мониторинг параметров / Ю. В. Катаев, Е. А. Градов, И. А. Тишанинов // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. - 2022.-№ 1.-С. 14-19.

7. Катаев Ю. В. Использование цифровых технологий в инженерной структуре АПК / Ю. В. Катаев, В. С. Герасимов, И. А. Тишанинов // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : материалы XIV Международной научно-практической Интернет-конференции, Московская обл., Пушкинский р-н, рп. Правдинский, 07-09 июня 2022 года. - 2022,-С. 381-387.

8. Современные проблемы и направления технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин / А. Ю. Измайлов, О. Н. Дидманидзе, Г. Е. Митягин, А. М. Карев. - М. : ООО «Триада», 2015. - 109 с.

9. Дорохов А. С. Роль датчиков в системе онлайн-мониторинга тракторов / А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев // В сб.: Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар. -2021. - С. 162-168.

10. Дидманидзе, О. Н. Основные направления развития тягово-транспортных средств в АПК / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, А. М. Карев // Доклады ТСХА, Москва, 02-04 декабря 2014 года. Том 1.- М. : Российский

государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева, 2016.-С. 180-182.

*Об авторах:*

**Катаев Юрий Владимирович**, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, Российская Федерация, Москва, 1-й Институтский проезд, 5), кандидат технических наук, доцент, [ykataev@rgau-msha.ru](mailto:ykataev@rgau-msha.ru).

**Герасимов Валерий Сергеевич**, ведущий специалист, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, Российская Федерация, Москва, 1-й Институтский проезд, 5).

**Тишанинов Игорь Александрович**, младший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, Российская Федерация, Москва, 1-й Институтский проезд, 5).

**Градов Евгений Анатольевич**, младший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, Российская Федерация, Москва, 1-й Институтский проезд, 5).

*About the authors:*

**Yury V. Kataev**, leading researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutional Project, 5), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, [ykataev@rgau-msha.ru](mailto:ykataev@rgau-msha.ru).

**Valery S. Gerasimov**, leading specialist, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutional Project, 5).

**Igor' A. Tishaninov, junior** research assistant, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutional Project, 5).

**Evgeniy A. Gradov**, junior research assistant, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutional Project, 5).

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**А. В. Неговора<sup>1</sup>, А. В. Бугаев<sup>2</sup>, Д. А. Гусев<sup>1</sup>, А. А. Козеев<sup>1</sup>** <sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа, Российская Федерация

<sup>2</sup>Министерство просвещения Российской Федерации, г. Москва, Российская Федерация

*Аннотация.* В данной статье рассмотрены результаты испытаний подшипников скольжения, в которых используется пара трения металл - композитный материал. Такая пара трения позволяет подшипнику работать без применения смазочных материалов. Авторами проведены натурные испытания экспериментального подшипника скольжения при различных нагрузках и угловых скоростях. Полученные результаты позволяют определить оптимальные условия, где работа подшипников будет наиболее эффективна.

*Ключевые слова:* подшипник скольжения, композитный материал, коэффициент трения, нагрев, автотракторная техника.

## **OPTIMIZATION OF THE WORKING PROCESS OF SLIDING BEARINGS MADE OF COMPOSITE MATERIALS**

**A. V. Negovora<sup>a</sup>, A. V. Bugaev<sup>b</sup>, D. A. Gusev<sup>a</sup>, A. A. Kozeev<sup>a</sup>** <sup>a</sup>Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russian Federation <sup>b</sup>The Ministry of Education of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

*Abstract.* This article discusses the results of tests of sliding bearings, which use a metal - composite friction pair. Such a pair of friction allows the bearing to work without the use of lubricants. The authors conducted full-scale tests of an experimental sliding bearing at various loads and angular velocities. The results obtained allow us to determine the optimal conditions where the operation of bearings will be most effective.

*Keywords:* sliding bearing, composite material, coefficient of friction, heating, automotive equipment.

Современная экономика Российской Федерации требует высокого уровня механизации различных технологических процессов в различных отраслях агропромышленного комплекса,

особенно в транспорте, сельском хозяйстве, добывающей, перерабатывающей промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве, что указывает на их потребность в сложных технологических машинах и оборудовании, которое содержит множество соединений, в том числе подшипниковых узлов.

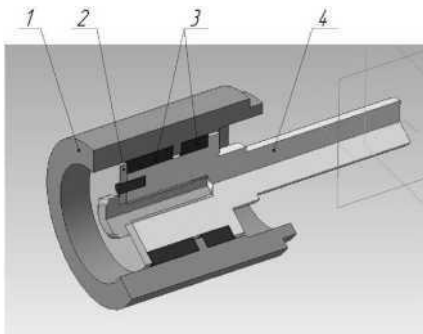
Авторами рассмотрены условия работы подшипниковых узлов, применяемых в автотракторной технике, сельскохозяйственных машинах, специализированного технологического оборудования. Работа подшипниковых узлов характерна тем, что значительный по времени объём работ приходится на условия высокой запылённости, агрессивного воздействия реагентов и комбинации из этих факторов. Использование подшипников качения, при всех их плюсах, в таких условиях затруднено тем, что частицы абразива, попавшие на беговую дорожку тел качения, равно как и продукты коррозии, при попадании коррозионно-активных веществ внутрь подшипника, вызывают плохо прогнозируемое заклинивание подшипника с последующим проворотом обойм и аварийным выходом из строя всего агрегата, либо значительной части деталей (корпусные детали, валы и т.д.) [1-5].

В этом отношении более безопасными являются подшипники скольжения, которые при правильном проектировании имеют минимальный риск заклинивания. Подавляющее большинство подшипников скольжения требует смазки. Эти условия хорошо выполняются при работе подшипника в корпусе агрегата, в масляной ванне, либо при смазке под давлением. В случае работы подшипника в контакте с агрессивной средой условия смазки ухудшаются, так как приходится использовать периодическую замену масла с разборкой подшипникового узла, либо закачку новой порции смазочного материала, например, шприцеванием. Всё это существенно повышает трудоёмкость технического обслуживания техники и увеличивает стоимость её эксплуатации.

Как решение проблемы Башкирским ГАУ предлагается использовать композитные материалы в качестве втулок, формируя тем самым пару трения «композит - металл». В качестве композитного материала предлагается применять полиамиды с различными наполнителями. Например, угленаполненные и с наполнителем из серпентина. Пара скольжения «угленаполненный полиамид

- сталь» может работать без смазки, имеет низкий коэффициент трения, составляющий 0,04...0,09.

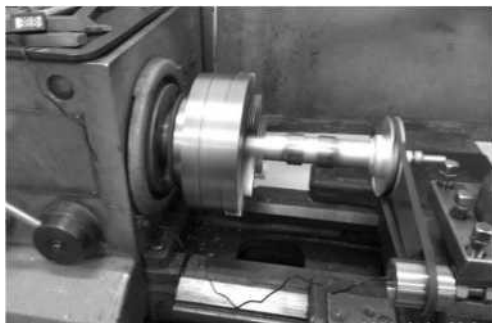
В лаборатории Башкирского ГАУ был создан и испытан экспериментальный образец подшипникового узла, модель которого показана на рисунке 1.



**Рисунок 1 - Испытательный подшипниковый узел**

*1 - наружная обойма; 2 - шайба фрикционная; 3 - композиционные втулки;  
4 - цапфа*

Экспериментальный подшипник предназначен для работы с радиальными нагрузками. Осевые перемещения ограничены фрикционной шайбой 2 и буртом цапфы 4. Композитные (полиамид с наполнителем) втулки 3 запрессованы в корпус 1. Зазор между втулками 3 и цапфой 4 составляет 0,05 мм, рабочий диаметр цапфы 30 мм, наружный диаметр - 57 мм. Подшипник установлен на экспериментальную установку, выполненную на базе токарного станка 1В62Г, показанную на рисунке 2.

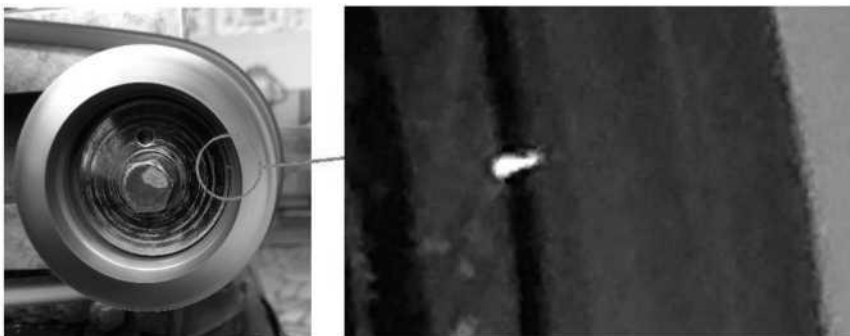


**Рисунок 2 - Экспериментальная установка**

Контроль температуры оси осуществлялся электронным термометром с выносным датчиком, установленным в специально выполненный канал цапфы.

Замеры температуры производились с интервалом 300 секунд. Задавались следующие режимы работы: 1) частота вращения шпинделя  $n = 600 \text{ мин}^{-1}$ , радиальное усилие  $F = 1000 \text{ Н}$ ; 2)  $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$ ,  $F = 500 \text{ Н}$ ;  $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$ ,  $F = 1000 \text{ Н}$ . В каждом из установленных режимов подшипник работал 2 часа. Число повторов каждого режима 3.

В процессе испытаний было выявлено повышение разности потенциалов между цапфой 4 и наружной обоймой 1, за счёт электризации при трении полиамидных втулок 3 по цапфе 4. В результате в подшипниковом узле происходил периодический ( $1 \dots 2 \text{ с}^{-1}$ ) искровой разряд, показанный на рисунке 3.



**Рисунок 3 - Периодический искровой разряд, образующийся в процессе работы подшипникового узла**

Результаты исследований представлены в виде графиков на рисунке 4. Отображение температуры цапфы на графиках производилось до момента стабилизации температуры, когда наступал тепловой баланс. Примечательно, что температура стабилизировалась через 30..35 минут.

Из графиков видно, что температура цапфы существенно зависит от нагрузки на подшипник и от частоты вращения наружной обоймы подшипника. Оптимальным режимом работы является режим, когда температура цапфы не достигает  $150 \dots 180 \text{ }^\circ\text{C}$ . Эта

температура, которая не оказывает негативного влияния на материал втулок.

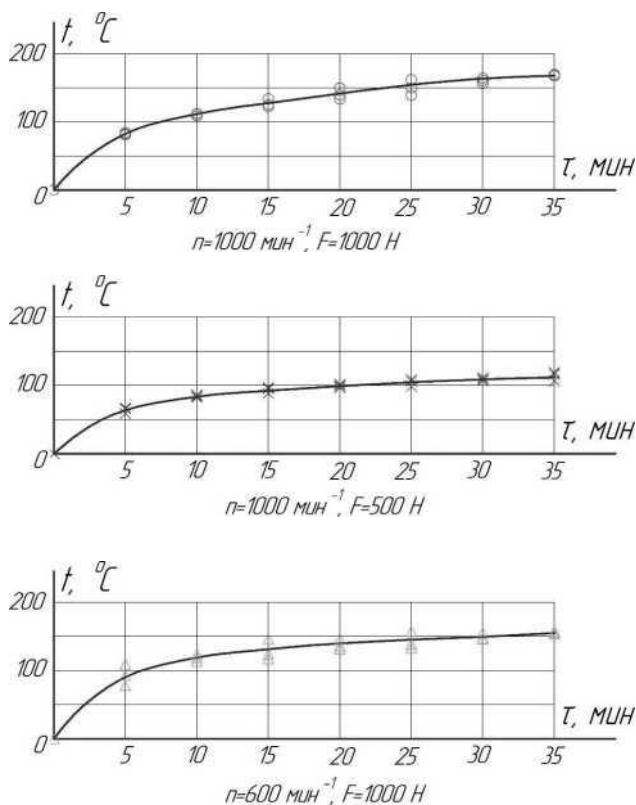


Рисунок 4 - Графики изменения температуры цапфы во времени

Предельно допустимый режим, не вызывающий визуального изменения элементов пары трения ограничен температурой 200  $^{\circ}\text{C}$ . При длительной работе (6 часов) в этом режиме наблюдается потемнение трущейся поверхности втулок, изменение цвета (потемнение и пожелтение от температуры) шлифованной поверхности трения цапфы. При этом подшипниковый узел не потерял работоспособность, заклинивание, существенного (аварийного) увеличения зазоров и громких звуков при вращении не наблюдалось. Последующая разборка узла не выявила существенного износа трущихся элементов.

Из проведённых испытаний следует, что подшипник скольжения, работающий без смазки, обладает достаточной нагрузочной способностью, не имеет склонности к внезапному заклиниванию. В некоторых случаях следует применять меры для предотвращения электризации элементов подшипникового узла.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Чернявский, С. А. Подшипник скольжения / С. А. Чернявский. - М. : МАШГИЗ, 1963.
2. Альшиц, И. Я. Металлофторопластиковые подшипники / И. Я. Альшиц, А. П. Семенов, Ю. Э. Сявинский. - Л. : Машиностроение, 1976. - 144 с.
3. Дидмянидзе, О. Н. Повышение пяриметрической надёжности автомобильных двигателей / О. Н. Дидмянидзе, Д. В. Вярняков // Ремонт. Восстановление. Модернизация. - 2007. - №5.- С. 2-7.
4. Infographics and their application in the educational process / L. Tarkhova, S. Tarkhov, M. Nafikov, I. Akhmetyanov, D. Gusev, R. Akhmarov // International Journal of Emerging Technologies in Learning. - 2020. - Т. 15. - № 13.- С. 63-80.
5. Хайт Д. М. Неметаллические подшипники скольжения / Д. М. Хайт. - М. : Машиностроение, 1949.
6. Vasiliev, V. V. Optimal Design - Theory and Applications to Materials and Structures / V. V. Vasiliev, Z. Gurdal. - Lancaster: Technomic, 1999.-320 p.
7. Дидмянидзе, О. Н. Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов / О. Н. Дидмянидзе, А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев // Техника и оборудование для села. - 2020. - № 11(281).- С. 39-43.-DOI 10.33267/2072-9642-2020-11-39-41.
8. Дидмянидзе, О. Н. Основы оптимального проектирования машинно-тракторных агрегатов / О. Н. Дидмянидзе, Р. Н. Егоров. - М. : Учебно-методический центр «Триада», 2017. - 230 с.
9. Разяпов, М. М. Снижение риска отказов мобильной сельскохозяйственной техники и транспортных средств в условиях низких температур / М. М. Разяпов, Д. А. Гусев // В сб.: Реновация машин и оборудования : материалы Всероссийской научно-практической конференции. Башкирский ГАУ, Уфа. - 2017. - С. 160-166.
10. Дидмянидзе, О. Н. Основные направления развития тягово-транспортных средств в АПК / О. Н. Дидмянидзе, С. А. Иванов, А. М. Карев // Доклады ТСХА, Москва, 02-04 декабря 2014 года. Том 1. - М. : Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева, 2016.-С. 180-182.



***Об авторах:***

**Неговора Андрей Владимирович**, профессор кафедры мобильных энергетических и транспортных средств, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34), доктор технических наук, negovora@bsau.ru.

**Бугаев Александр Вячеславович**, первый заместитель Министра просвещения Российской Федерации (127006, Российская Федерация, Москва, ул. Каретный Ряд, д. 2), кандидат технических наук.

**Гусев Дмитрий Александрович**, доцент кафедры механики и конструирования машин, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34), кандидат технических наук, d-a-gusev@yandex.ru.

**Козеев Арсений Александрович**, доцент кафедры мобильных энергетических и транспортных средств, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34), кандидат технических наук, kozeev@bsau.ru.

***About the authors:***

**Andrey V. Negovora**, Professor of the Department of Mobile Energy and Vehicles, Bashkir State Agrarian University (450001, Russian Federation, Republic of Bashkortostan, Ufa, ul. 50-letiya Oktyabrya, 34), D.Sc. (Engineering), negovora@bsau.ru.

**Aleksandr V. Bugaev**, First Deputy Minister of Education of the Russian Federation (127006, Russian Federation, Moscow, Karetny Ryad str., 2), Cand.Sc. (Engineering).

**Dmitry A. Gusev**, Associate Professor of the Department of Mechanics and Machine Design, Bashkir State Agrarian University (450001, Russian Federation, Republic of Bashkortostan, Ufa, ul. 50-letiya Oktyabrya, 34), Cand.Sc. (Engineering), d-a-gusev@yandex.ru.

**Arseniy A. Kozeev**, Associate Professor of the Department of Mobile Energy and Vehicles, Bashkir State Agrarian University (450001, Russian Federation, Republic of Bashkortostan, Ufa, ul. 50-letiya Oktyabrya, 34), Cand.Sc. (Engineering), kozeev@bsau.ru.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕТОНАЦИИ ПО ЗАДЕРЖКАМ САМОВОСПЛАМЕНЕНИЯ ТОПЛИВА

**А. В. Капустин<sup>1</sup>, А. М. Жданов<sup>1</sup>, В. Л. Чумаков<sup>2</sup>,  
С. Н. Девянин<sup>2</sup>, А. В. Бижаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», г. Великий Новгород, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

*Аннотация.* Анализируется зависимость задержек самовоспламенения и возникновения детонации в двигателях для изооктана и товарных бензинов с разным октановым числом. Отмечается значительное влияние на детонацию роста доли парафиновых углеводородов с задержкой самовоспламенения по низкотемпературному принципу.

*Ключевые слова:* детонация, степень сжатия, задержки самовоспламенения, двухстадийный механизм самовоспламенения, состав топливных углеводородов.

## DETONATION PREDICTION BASED ON FUEL SELF-IGNITION DELAYS

**A. V. Kapustin<sup>\*</sup>, A. M. Zhdanov<sup>\*</sup>, V. L. Chumakov<sup>b</sup>,  
S. N. Devyanin<sup>b</sup>, A. V. Bizahaev<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>Novgorod State University named after Yaroslav the Wise, Veliky Novgorod, Russian Federation

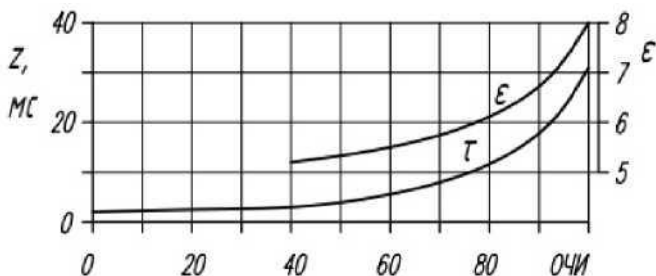
<sup>b</sup>Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

**Abstract.** The dependence of self-ignition delays and the occurrence of detonation in engines for iso-octane and commercial gasolines with different octane numbers is analyzed. There is a significant influence on the detonation of the increase in the proportion of paraffinic hydrocarbons with a delay in self-ignition according to the low-temperature principle.

**Keywords:** detonation, compression ratio, self-ignition delays, two-stage self-ignition mechanism, composition of fuel hydrocarbons.

Исследования самовоспламенения углеводородов, входящих в состав бензинов, показывают тесную связь между

длительностями задержек самовоспламенения и детонационной стойкостью этих углеводородов. Чем больше длительность задержки самовоспламенения, тем выше октановое число углеводородов. В частности, на рисунке 1 представлены графики задержек самовоспламенения ( $z$ ) парафиновых (алканов) углеводородов и степени сжатия ( $\epsilon$ ) ограничиваемой условиями детонации в зависимости от октанового числа топлива по исследовательскому методу (ОЧИ) [1,2], которые наглядно подтверждают такую связь.



**Рисунок 1 - Зависимости степени сжатия при стандартной интенсивности детонации и задержек самовоспламенения парафиновых углеводородов от их октанового числа на установке ИТ9**

В работе [3] показано, что если известна формально-кинетическая зависимость задержки самовоспламенения, то момент самовоспламенения в условиях продолжающегося сжатия можно определить по выражению вида [3]:

$$\int_0^t J_0^T (1/z) - dT > 1 \quad (1)$$

где:  $t$  - время,  $z$  - эмпирическое формально-кинетическое выражение задержки самовоспламенения, полученное при исследовании самовоспламенения в условиях постоянного объема различными методами.

Из этих методов наиболее близок по условиям развития самовоспламенения заряда в двигателях метод исследования в поршневых установках адиабатического (импульсного) сжатия со стопорением поршня.

В работе [4] выполнены такие исследования самовоспламенения двух эталонных топлив: изооктана (далее 04100) и топливной эталонной смеси, состоящей из 60 % по объему изооктана и

40 % нормального гептана (далее 0460). Изучались горючие смеси стехиометрического состава (коэффициент избытка воздуха равен  $\alpha = 1$ ). Показано, что изооктан и изооктано-гептановая смесь 0460 (как и другие парафиновые углеводороды) имеют двухстадийный механизм самовоспламенения. Для обоих топлив суммарная задержка самовоспламенения ( $z$ ) определяется суммой задержек: низкотемпературной (холоднопламенной) стадии ( $z_{HT}$ ) и высокотемпературной стадий ( $z_{BT}$ ):

$$z = z_{HT} + z_{BT} \quad (2)$$

Задержку низкотемпературной стадии авторы делят на две составляющие

$$z_{HT} = z_{HT1} + z_{HT2} \quad (3)$$

Каждая из задержек  $z_{HT}$  ( $z_{HT1}$ ,  $z_{HT2}$ ,  $z_{BT}$ ) описывается формально-кинетическим выражением вида  $z_i = 10^{14} \cdot p^{-1} \cdot (10.2 \cdot p)^{n_i} \cdot e^{E_i/RT}$ .

Интегральное выражение (1) для двухстадийного самовоспламенения с учетом (2) можно преобразовать к следующему виду

$$J = \int_{T_0}^{T_{HT}} \frac{dT}{G \cdot T^2} + \int_{T_{HT}}^{T_{BT}} \frac{dT}{G \cdot T^2} = \int_{T_0}^{T_{HT}} \frac{dT}{G \cdot T^2} + J_{BT} \quad (4)$$

где  $J_{HT}$  - интеграл, характеризующий вклад низкотемпературной (холоднопламенной) стадии в общий процесс развития самовоспламенения;  $J_{BT}$  - интеграл, характеризующий соответственно вклад высокотемпературной стадии самовоспламенения.

Длительность задержки самовоспламенения обратно пропорциональна скорости предпламенных химических реакций. Если допустить, что предпламенные химические реакции каждого топлива, входящего в топливную смесь, протекают независимо друг от друга, а общая скорость брутто-реакции пропорциональна их мольным долям, то можно записать:

$$w_{CM} = r_{100} \cdot w_{100} + r_{60} \cdot w_{60} \quad (5)$$

где  $r_{100}$ ,  $r_{60}$  - мольные доли соответственно 04100 и 0460;

$w_{100}$  и  $w_{60}$  - скорости предплаженных химических реакций 04100 и 0460.

Отсюда, задержку самовоспламенения смеси этих топлив можно определить по выражению

$$\frac{1}{z_{CM}} = \frac{r_{100}}{z_{100}} + \frac{r_{60}}{z_{60}} \quad /g/$$

где:  $Z_{100}$ ,  $Z_{60}$  - задержки самовоспламенения 04100 и 0460;

$Z_{CM}$  - задержка самовоспламенения топливной смеси этих топлив.

Учитывая, что молярные массы и плотности топлив 04100 и 0460 незначительно отличаются по величине, то можно допустить, что молярные доли равны их объемным долям в жидкой фазе. В этом случае октановое число смеси топлив 04100 и 0460 можно определить по формуле:

$$04_{CM} = \Gamma_{100} \times 100 + \Gamma_{60} \times 60 \quad (7)$$

При разработке расчетной программы в исходные данные удобно вводить октановое число смеси. Если к уравнению (7) добавить уравнение:

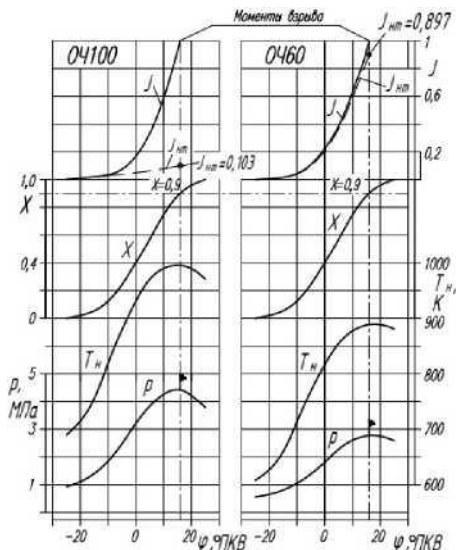
$\Gamma_{100} + \Gamma_{60} = 1$ ) (8) то совместное решение уравнений (7) и (8) дает выражения для расчета долей топливной смеси при заданном октановом числе:

$$\Gamma_{100} = (04_{CM} - 60)/40; \quad \Gamma_{60} = 1 - \Gamma_{100} \quad (9)$$

где значение  $04_{CM}$  вводится в исходные данные расчетной программы и справедливо в диапазоне  $60 < 04_{CM} < 100$  единиц октанового числа.

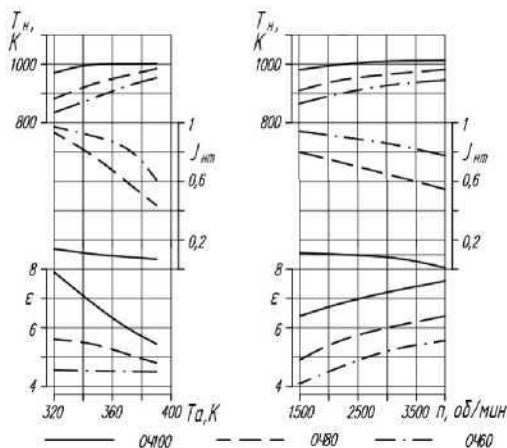
Изложенная методика расчета момента самовоспламенения (взрыва) использована в математической модели термодинамического цикла двигателя, особенности которой изложены в [5].

На рисунке 2 представлены показатели, характеризующие процессы развития самовоспламенения несгоревшего заряда для топлив 04100 и 0460 при следующих условиях: длительность тепловыделения - 50 °ПКВ; угол зажигания - оптимальный, обороты двигателя - 2000 об/мин; температура в начале сжатия - 350 К; коэффициент наполнения - 0,9. Характеристика выгорания топлива  $X = f(p)$  для обоих топлив одинакова. Детонация возможна, если в момент взрыва остается часть (доля) несгоревшего топлива. Условно эта доля остаточного топлива принята равной 0,1 и, соответственно, доля сгоревшего топлива равняется  $X = 0,9$  (рисунок 2). В расчетах, последовательным приближением определялась степень сжатия  $\xi$ , при которой выполняется условие самовоспламенения  $U \sim 1$  при  $X \sim 0,9$ .



**Рисунок 2 - Изменение показателей, характеризующих развитие самовоспламенения несгоревшей части заряда:  $p$  - текущее давление цикла;  $T_n$  - температура несгоревшей части заряда;  $X$  - доля сгоревшего топлива;  $J$  - интеграл суммарной обратной задержки самовоспламенения;  $J_{int}$  — интеграл обратной задержки низкотемпературной стадии самовоспламенения; - момент взрыва**

Как следует из рисунка 2, в случае изооктана самовоспламенение преимущественно развивается по высокотемпературному механизму, а смесь 0460 - по низкотемпературному. Поэтому степень сжатия по условию детонации (самовоспламенения) для топлива 0460 практически не меняется в исследуемом диапазоне начальной температуры, а для топлива 04100 это изменение очень сильное. Топливо 0480 по своему поведению ближе к 0460 (рисунок 3). Влияние на самовоспламенение низкотемпературной стадии на него более сильное, чем высокотемпературной, хотя по октановым единицам находится в середине между 04100 и 0460. Получается, что добавки топлив с невысоким октановым числом сильнее влияют на октановое число смеси из высокооктанового и низкооктанового топлив. Создавая бензины, следует в первую очередь стремиться убрать из него низкооктановые углеводороды (углеводороды с низкой детонационной стойкостью).



**Рисунок 3 - Зависимости степени сжатия из условий детонации ( $\epsilon$ ), вклада в развитие самовоспламенения низкотемпературной стадии ( $J_{mnt}$ ) и температуры несгоревшего заряда ( $T_u$ ) от начальной температуры цикла ( $T_0$ ) и скорости двигателя**

#### Выводы.

1. Расчет самовоспламенения несгоревшей части заряда в поршневом двигателе с искровым зажиганием на основе формально-кинетических выражений задержек самовоспламенения топлив, полученных в установках адиабатного сжатия со стопорением поршня, в случае топлив с двухстадийным механизмом самовоспламенения позволяет оценить вклад каждой стадии в общий процесс и вести направленный поиск методов подавления самовоспламенения, а, следовательно, и детонации.

2. При смеси двух топлив, высокооктанового и низкооктанового, относительный вклад в развитие самовоспламенения больше у низкооктанового топлива. Поэтому для создания более высокооктановых топлив в первую очередь следует уменьшать долю самых низкооктановых топливных компонентов.

3. Важно развивать исследования по самовоспламенению бензиновых углеводородов в установках импульсного сжатия с целью получения формально-кинетических выражений по задержкам самовоспламенения. На основе этого можно расчетным путем вести поиск наиболее эффективных методов повышения антидетонационных свойств двигателей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Забрянский, Е. И. Детонационная стойкость и воспламеняемость моторных топлив / Е. И. Забрянский, А. П. Зарубин. - М.-Л. : Химия, 1965. -212 с.
2. Livedahl, W. I. Multistage autoignition of engine fuels / W.I. Livedahl // In: Fifth symposium (international) in. combustion. - №4 Reinhold, 1955. - p. 372-385.
3. Ikegami, M. Aconsideration on the relation between laminas burning, velocity and ignition delay / M. Ikegami, I. Nanba // Bull. JSME. - 1974. - v. 17. - № 104. -Pp. 248-255.
4. Воинов, А. Н. Анализ макрокинетических зависимостей при низко- и высокотемпературном самовоспламенении углеводородоздушных смесей / А. Н. Воинов, Д. И. Скорodelов. // Труды МАДИ. Двигатели внутреннего сгорания. - 1972. - Вып. 49. - С. 82-90.
5. Дидманидзе, О. Н. Повышение параметрической надежности автомобильных двигателей / О. Н. Дидманидзе, Д. В. Варнаков // Ремонт. Восстановление. Модернизация. - 2007. - №5.- С. 2-7.
6. Капустин, А. В. Математическая модель рабочего цикла двигателя с искровым зажиганием / А. В. Капустин, С. В. Смирнов, В. Л. Чумаков // Чтения академика В. Н. Болтинского. - 2021. - С. 86-95.
7. Дидманидзе, О. Н. Исследования показателей тепловыделения газовых двигателей / О. Н. Дидманидзе, А. С. Афанасьев, Р. Т. Хакимов // Записки Горного института. - 2018. - Т. 229. - С. 50-55. - DOI 10.25515/PMI.2018.1.50.

### *Об авторах:*

**Капустин Александр Васильевич**, доцент, ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого» (173003, Российская Федерация, Великий Новгород, Большая Санкт-Петербургская ул., 41), кандидат технических наук, доцент.

**Жданов Артем Михайлович**, студент, ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого» (173003, Российская Федерация, Великий Новгород, Большая Санкт-Петербургская ул., 41).

**Чумаков Валерий Леонидович**, профессор кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, профессор.

**Девянин Сергей Николаевич**, профессор кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор.



**Бижаев Антон Владиславович**, доцент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук.

*About the authors:*

**Alexander V. Kapustin**, Associate Professor, Yaroslav the Wise Novgorod State University (173003, Russian Federation, Veliky Novgorod, Bolshaya St. Petersburg st., 41), Cand.Sc. (Engineering), Associate Professor.

**Artem M. Zhdanov**, student, Yaroslav the Wise Novgorod State University (173003, Russian Federation, Veliky Novgorod, Bolshaya St. Petersburg st., 41).

**Valery L. Chumakov**, professor, Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya st., 49), Cand.Sc. (Engineering), professor.

**Sergey N. Devyanin**, professor, Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya st., 49), D.Sc. (Engineering), professor.

**Anton V. Bizhaev**, associate professor, Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya st., 49), Cand.Sc. (Engineering).

## **РАСЧЕТ СТАНДАРТНОГО РЯДА ДИАМЕТРОВ ГИДРОЦИЛИНДРОВ ПРОТЯЖНЫХ СТАНКОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВТУЛОК ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ**

**О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

***Аннотация.** В статье представлен расчет стандартного ряда диаметров гидроцилиндров протяжных станков для изготовления втулок подшипников скольжения методом технической оптимизации. На основании известной математической зависимости между усилием на штоке протяжного станка и диаметром гидроцилиндра, был установлен ряд диаметров гидроцилиндров.*

***Ключевые слова:** оптимизация ряда параметров, методика выбора ряда параметров, метод технической оптимизации, метод экономического обоснования.*

## **CALCULATION OF THE STANDARD RANGE OF DIAMETERS OF HYDRAULIC CYLINDERS OF BROACHING MACHINES FOR THE MANUFACTURE OF PLAIN BEARING BUSHINGS**

**O. A. Leonov, G. N. Temasova, Yu. G. Vergazova**

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

***Abstract.** The article presents the calculation of a standard range of diameters of hydraulic cylinders of broaching machines for the manufacture of plain bearing bushings by the method of technical optimization. Based on the well-known mathematical relationship between the force on the rod of the broaching machine and the diameter of the hydraulic cylinder, a number of hydraulic cylinder diameters were established.*

***Keywords:** optimization of a number of parameters, method of selecting a number of parameters, method of technical optimization, method of economic justification.*

Совершенствование старой и создание новой техники для АПК приобретает на современном этапе развития первостепенную

роль [1-4]. Немалое значение в этой области имеет стандартизация [5, 6]. Упорядочение объектов стандартизации и их свойств (развитие методов систематизации, классификации и кодирования) [7, 8]; оптимизация параметров объектов стандартизации (унификация, экономико-математическое моделирование и расчет наиболее эффективных параметров объектов стандартизации); нормирование требований к объектам (разработка методологии) являются важнейшими направлениями стандартизации в настоящее время [9].

Вопросы оптимизации параметрических рядов являются весьма актуальными, так как это способствует повышению уровня взаимозаменяемости, уменьшению номенклатуры изделий и типоразмеров заготовок, создает условия для эффективной специализации и кооперирования заводов, удешевляет продукцию [10, 11].

В настоящее время при выборе рядов для параметров изделий чаще всего используют либо метод технического обоснования, либо метод экономического обоснования.

Если известна математическая зависимость между параметром, который нормируется определенным параметрическим рядом, и параметром, ряд которого неизвестен, но его нужно определить, то применяют метод технической оптимизации.

Если необходимо минимизировать затраты при изготовлении и эксплуатации изделий, то применяют метод экономического обоснования, который основан на таком факте, что с увеличением программы выпуска изделия его себестоимость снижается, но повышаются эксплуатационные затраты. Поэтому производитель стремится увеличить программу производства, но он также должен учитывать интересы потребителя, которому важнее работать с широкой номенклатурой изделий.

Метод технической оптимизации более прост в использовании. Именно данный метод мы рекомендуем применять при выборе параметрического ряда диаметров гидроцилиндров протяжных станков для изготовления втулок подшипников скольжения.

Рассмотрим методику выбора параметрического ряда путем технического обоснования. Конструкторами был спроектирован протяжной станок для изготовления втулок подшипников скольжения. С целью унификации производства, необходимо определить ряд значений диаметров гидроцилиндров протяжного станка,

если известно, что главный функциональный параметр - усилие, развиваемое на штоке гидроцилиндра, имеет следующие стандартизированные параметры:

- ряд Я10/2;
- первый член ряда 0,63 кН;
- последний член ряда 16,0 кН.

Выявляем члены ряда усилия на штоке гидроцилиндра. В соответствии с таблицей 2 ГОСТ 8032-84 «Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел» получим ряд, включающий 8 членов:

0,63 - 1,00 - 1,60 - 2,50 - 4,00 - 6,3 - 10,0 - 16,0 кН.

Знаменатель прогрессии данного ряда  $\phi p = 1,6$ .

Определяем знаменатель прогрессии ряда диаметров гидроцилиндров. Усилие  $P$  связано с диаметром гидроцилиндра  $D$  соотношением

$$P = 0,25 \cdot n \cdot p \cdot D^2, \quad (1)$$

где  $p$  - номинальное давление в гидроцилиндре,  $p = 400$  кПа.

Известно, что если параметр  $A$  подчиняется зависимости  $A = KB^m$ , где  $K$  - постоянный коэффициент, то знаменатель прогрессии ( $p_n = (n \cdot \phi)^m$ ) - Тогда по зависимости (1) получим выражение для определения знаменателя прогрессии ряда диаметров канатов:  $P_n = 4\phi p$ ,

$$P > D = \sqrt[4]{VC6} \approx 1,25.$$

Этот знаменатель соответствует рядам R10, R20/2 и R40/4.

Определяем ряд диаметров гидроцилиндров. Первый член ряда диаметров канатов определим из выражения (1):

$$= 74 \cdot \text{Vi}$$

Диаметр  $D_i$  нужно определить, используя свойства параметрического ряда (таблица 2 ГОСТ 8032-84 «Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел»), значение  $D_i = 0,045$  м, что соответствует стандартному значению 45 мм, которое первым из вышеперечисленных рядов (в порядке возрастания) встречается в ряду R20, поэтому принимается ряд R20/2, отсчитывается 8 членов от значения 45 и получается ряд: 45 - 56 - 71 - 90 - 112 - 140 - 180 - 224, что по таблице 2 ГОСТ 8032-84 «Предпочтительные

числа и ряды предпочтительных чисел» соответствует выборочному ряду R20 / 2 (45-224) мм.

Выводы: Рассмотрена методология выбора параметрических рядов. Наиболее простым в применении является метод технического обоснования выбора параметрических рядов. Данный метод был использован для выбора ряда значений диаметров гидроцилиндров протяжного станка, на основании математической зависимости между усилием, развиваемым на штоке гидроцилиндра, которое формируется определенным параметрическим рядом, заложенным конструкторами. В результате технической оптимизации выбора параметрического ряда был установлен ряд диаметров гидроцилиндров R20/2(45-224) мм, полностью соответствующий главному функциональному параметру - ряду усилий на штоке протяжных станков R10/2(0,63-16,0) кН.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Дидманидзе, О. Н. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк // Аграрная наука Северо-Востока. - 2020. -Т. 21. - № 1.- С. 74-85.

2. Трухачев, В. И. Какие сельскохозяйственные тракторы нужны завтра России? / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар : сборник статей, Москва, 22-24 января 2020 года. - М. : ООО «Мегаполис», 2020. - С. 11-19.

3. Дидманидзе, О. Н. Основы работоспособности и надежность технических систем / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев. - М.: Учебно-методический центр «Триада», 2020. - 232 с.

4. Дидманидзе, О. Н. Тенденции развития цифровых технологий диагностики технического состояния тракторов / О. Н. Дидманидзе, А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев // Техника и оборудование для села. - 2020. - № 11(281).- С. 39-43.

5. Бунин, Г. П. Стандартизация и унификация: современный взгляд, проблемы и пути их преодоления : информационно-аналитическое и практически ориентированное обзорно-справочное пособие / Г. П. Бунин, М. Б. Плущевский. - М.-Берлин : Директ-Медиа, 2019.- 171с.

6. Темасова, Г. Н. Унификация как основа выбора и регулирования номенклатуры редукторов для приводов транспортеров / Г. Н. Темасова // Отечественный и зарубежный опыт обеспечения качества в машиностроении : III Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием, Тула, 06-08 апреля 2022 года. - Тула: Тульский государственный университет, 2022. - С. 144-148.

7. Бондарева, Г. И. Разработка алгоритма верификации запасных частей при ремонте машин / Г. И. Бондарева // Сельский механизатор. - 2022. - № 10. - С. 27-29.

8. Паршин, Н. М. Унификация и стандартизация как один из путей повышения эффективности системы вооружения войсковой противовоздушной обороны нового поколения / Н. М. Паршин // Военная мысль. - 2020. - № 4. - С. 95-99.

9. Гусейнова, Н. З. Значение уровня контроля стандартизации и унификации на стадии технического проекта (ТП) / Н. З. Гусейнова, В. В. Мартишкин // Инновационные разработки в обработке материалов давлением и аддитивном производстве. Качество выпускаемых изделий : Материалы Всероссийской научно-технической конференции, Москва, 07 декабря 2018 года. - М. : Московский Политех, 2019. - С. 377-382.

10. Леонов, О. А. Методология оценки затрат на качество для предприятий / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. - 2007. - №5(25).-С. 23-27.

11. Бондарева Г. И. Основы проектирования операций входного контроля на машиностроительных предприятиях / Г. И. Бондарева. - М.: ООО «ОнтоПринт», 2020. - 89 с.

#### ***Об авторах:***

**Леонов Олег Альбертович**, заведующий кафедрой метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор, oaleonov@rgau-msha.ru.

**Темасова Галина Николаевна**, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат экономических наук, доцент, temasova@rgau-msha.ru.

**Вергазова Юлия Геннадьевна**, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, vergazova@rgau-msha.ru.

#### ***About the authors:***

**Oleg A. Leonov**, Head of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), D.Sc. (Engineering), professor, oaleonov@rgau-msha.ru.

**Galina N. Temasova**, associate professor of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Economic), associate professor, [temasova@rgau-msha.ru](mailto:temasova@rgau-msha.ru).

**Yulia G. Vergazova**, associate professor of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Engineering), [vergazova@rgau-msha.ru](mailto:vergazova@rgau-msha.ru).

## КЛАССИФИКАЦИЯ ВНУТРЕННИХ ПОТЕРЬ С ПОЗИЦИИ СМК ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РЕМОНТА ДВИГАТЕЛЕЙ

**Г. Н. Темасова**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

***Аннотация.** Рассмотрена классификация внутренних потерь с позиции СМК на предприятиях технического сервиса агропромышленного комплекса. Применение данной классификации позволит оценить стоимость и риски в производственном процессе ремонтного предприятия. На примере процесса ремонта двигателей обоснован выбор инструментов контроля качества и проведена итоговая оценка внутренних потерь.*

***Ключевые слова:** внутренние потери, дефекты, исправимый брак, неисправимый брак, контрольный листок, диаграмма Парето, методика оценки внутренних потерь.*

## CLASSIFICATION OF INTERNAL LOSSES FROM THE POSITION OF THE QMS DURING THE IMPLEMENTATION OF THE ENGINE REPAIR PROCESS

**G. N. Temasova**

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

***Abstract.** The classification of internal losses from the position of QMS at the enterprises of technical service of the agro-industrial complex is considered. The application of this classification will allow you to assess the cost and risks in the production process of a repair company. On the example of the engine repair process, the choice of quality control tools is justified and a final assessment of internal losses is carried out.*

***Keywords:** internal losses, defects, correctable marriage, incorrigible marriage, checklist, Pareto diagram, methodology for assessing internal losses.*

Технический прогресс в области сельского хозяйства решается путем применения современной техники и технологий [1-4]. С целью повышения и сохранения конкурентоспособности на рынке, предприятиям технического сервиса необходимо снижать



затраты на производство продукции [5]. Одним из главных источников снижения производственных затрат является уменьшение внутренних потерь. Разработка классификации внутренних потерь с позиции СМК позволит правильно оценивать объем потерь, своевременно выявлять риск их возникновения и проводить мероприятия по предупреждению появления в будущем.

Внутренние потери - это затраты из-за несоответствий продукции предъявляемым требованиям или дефектов, которые были обнаружены до передачи продукции потребителю [6]. Внутренние потери могут быть выявлены на любой стадии жизненного цикла продукции. При процессном подходе внутренние потери относятся к затратам из-за несоответствия процесса [7, 8].

Причинами появления внутренних потерь на предприятиях технического сервиса являются низкое качество сырья и материалов, несоблюдение технологии производства, изношенное и устаревшее производственное оборудование, несоответствующая квалификация персонала и другие факторы [9-12].

В общем виде состав внутренних потерь машиностроительного предприятия может содержать элементы, представленные на рисунке.



Рисунок - Структура внутренних потерь

В категорию отходов включают стоимость материалов и продукции, не отвечающих требованиям, и затраты на их утилизацию и вывоз. К переделкам и ремонту относят расходы на восстановление продукции, а также расходы на повторный контроль. Затраты на анализ потерь включают расходы на установление факторов, приведших к появлению несоответствий. К взаимным уступкам относят расходы на допуск к использованию материалов, не отвечающих требованиям. Снижение сортности включает расходы из-за понижения цены на продукцию, не отвечающую требованиям. К отходам и переделкам из-за продукции поставщиков относят расходы на поставленные поставщиками низкокачественные материалы и комплектующие.

Внешние и внутренние потери предприятия увеличивают себестоимость конечной продукции, но не добавляют ценности [1013]. Объем внутренних потерь полностью зависит от числа несоответствий, идентифицированных с требованиями той стадии жизненного цикла продукции, на которой были обнаружены несоответствия. Чем раньше выявлены несоответствия, тем ниже их доля в общей себестоимости.

Рассмотрим основные этапы алгоритма определения внутренних потерь на примере процесса ремонта двигателей на ремонтном предприятии. На предприятиях технического сервиса для каждого процесса разрабатывается собственная классификация видов дефектов, в которой каждому виду дефекта присваивается шифр с целью дальнейшего перехода к оценке потерь. В таблице 1 представлены результаты оценки внутренних потерь по процессу ремонта двигателей на ремонтном предприятии.

**Таблица - Результаты оценки внутренних потерь по процессу ремонта двигателей**

Вид затрат	Результаты расчетов затрат, руб. / ед. ремонта			
	ЗМЗ-409051.10	ЗМЗ-409052.10	ЗМЗ-40906.10	ЗМЗ-40911.10
Отходы	3181,14	3376,62	3217,32	3369,06
Переделки и ремонт	1354,93	1438,19	1370,34	1434,97
Анализ потерь	412,37	437,71	417,06	436,73
Взаимные уступки	235,64	250,12	238,32	249,56
Снижение сортности	176,73	187,59	178,74	187,17

Вид затрат	Результаты расчетов затрат, руб. / ед. ремонта			
	зМЗ-409051.10	зМЗ-409052.10	зМЗ-40906.10	зМЗ-40911.10
Отходы и переделки, возникшие по вине поставщиков	530,19	562,77	536,22	561,51
<b>ВСЕГО</b>	<b>5891</b>	<b>6253</b>	<b>5958</b>	<b>6239</b>

Оценка внутренних потерь показала, что размер внутренних потерь по процессу ремонта двигателей существенен. Суммарные внутренние потери составляют порядка 6 тыс. руб. на единицу ремонта или 12 % от суммарных затрат на процесс. В связи с этим необходимо разработать мероприятия по снижению рисков возникновения брака в процессе ремонта двигателей.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Трухачев, В. И. Какие сельскохозяйственные тракторы нужны завтра России? / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар : сборник статей, Москва, 22-24 января 2020 года. - Москва: ООО «Мегаполис», 2020. - С. 11-19.
2. Дидманидзе, О. Н. Основы работоспособности и надежность технических систем / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев. - М. : Учебно-методический центр «Триада», 2020. - 232 с.
3. Дидманидзе, О. Н. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк // Аграрная наука Северо-Востока. - 2020. - Т. 21. - № 1.- С. 74-85.
4. Дидманидзе, О. Н. Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов / О. Н. Дидманидзе, А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев // Техника и оборудование для села. - 2020. - № 11(281).- С. 39-43.
5. Эксплуатация, ремонт, хранение и утилизация шин автотранспортных средств /Е. А. Пучин, В. М. Корнеев, М. Ю. Конкин [и др.]. - М. : ООО «Издательство «Триада», 2005. - 117 с.
5. Методика оценки качества процессов предприятий технического сервиса / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова // Компетентность. - 2021. - №2. - С. 32-38.
6. Бондарева, Г. И. Оценка базовых издержек по процессу ремонта двигателей на предприятиях АПК / Г. И. Бондарева // Сельский механизатор. - 2020,-№2.-С. 34-36.
7. Молиборода, А. Д. Экономика качества как инструмент совершенствования системы менеджмента качества коммерческой страховой

компании / А. Д. Молиборода, Н. В. Кошкарева, Е. В. Замиралова // Наука и бизнес: пути развития. - 2020. - № 12(114). - С. 211-214.

8. Бондарева Г. И. Оценка внешнего брака на предприятиях машиностроения / Г. И. Бондарева // Вестник машиностроения. - 2021. - № 11. — С. 93-96.

9. Круглов, И. А. Концепция TQM (всеобщее управление на основе качества) - научный подход к процессам сертификации системы менеджмента качества / И. А. Круглов, Ю. В. Круглова, А. Н. Шмелева // Вестник НПО Техномаш. - 2022. - № 1(18). - С. 80-82.

10. Бондарева, Г. И. Оценка внешних потерь на предприятиях технического сервиса в АПК / Г. И. Бондарева // Сельский механизатор. - 2020. - №9,- С. 34-35.

11. Цыганенко, А. В. Опыт внедрения подходов оценки затрат на качество на предприятии / А. В. Цыганенко, Е. В. Замиралова // Наука и бизнес: пути развития.-2018.-№ 12(90).-С. 178-181.

12. Тиханкин, Г. А. Особенности управления затратами на обеспечение качества продукции или услуг как неотъемлемые части системы менеджмента качества организации / Г. А. Тиханкин, А. А. Пискунова // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. - 2017. - № 6-4(52). - С. 183-184.

13. Леонов, О. А. Методология оценки затрат на качество для предприятий / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. - 2007.- №5(25).-С. 23-27.

#### ***Об авторе:***

**Темасова Галина Николаевна**, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат экономических наук, доцент, [temasova@rgau-msha.ru](mailto:temasova@rgau-msha.ru).

#### ***About the author:***

**Galina N. Temasova**, associate professor of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Economic), associate professor, [temasova@rgau-msha.ru](mailto:temasova@rgau-msha.ru).

## ВЛИЯНИЕ ТУРБУЛИЗАЦИИ ЗАРЯДА НА ДЕТОНАЦИЮ В БЕНЗИНОВОМ ДВИГАТЕЛЕ

**А. В. Капустин<sup>1</sup>, В. Л. Чумаков<sup>2</sup>, С. Н. Девянин<sup>2</sup>,**

**А. В. Бижаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», г. Великий Новгород, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

*Аннотация.* Анализируется зависимость детонации в бензиновом двигателе и турбулизация рабочего заряда. Экспериментами показано, что турбулизация заряда на впуске меняет динамику тепловыделения в цилиндре, однако имеет неоднозначное влияние на детонацию как товарного бензина, так и чистого изооктана.

*Ключевые слова:* детонация, турбулизация заряда, тепловыделение, теплообмен в камере сгорания.

## EFFECT OF CHARGE TURBULIZATION ON KNOCKING IN A PETROL ENGINE

**A. V. Kapustin<sup>a</sup>, V. L. Chumakov<sup>b</sup>, S. N. Devyanin<sup>b</sup>,**

**A. V. Bizhaev<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>Yaroslav the Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russian Federation

<sup>b</sup>Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

*Abstract.* The dependence of detonation in a gasoline engine and the turbulence of the working charge are analyzed. Experiments have shown that charge turbulence at the inlet changes the dynamics of heat release in the cylinder, however, it has an ambiguous effect on the detonation of both commercial gasoline and pure isooctane.

*Keywords:* detonation, charge turbulence, heat release, heat transfer in the combustion chamber.

Известно, что турбулизация или направленное вихревое движение газа в цилиндре поршневого двигателя заметно сокращает длительность сгорания, а сокращение длительности сгорания

приводит к улучшению антидетонационных свойств бензинового двигателя. Турбулизацию заряда можно получить двумя способами: за счет внешних конструктивных решений (до цилиндра), или за счет внутренних конструктивных решений в камере сгорания. В первом случае подразумевается проектирование профильных впускных каналов: тангенциальных, винтовых и др. Во втором случае - проектирование такой геометрии камер сгорания с развитыми вытеснителями, которые создавали бы как можно более интенсивную турбулизацию заряда. В работах [1, 2] приводятся примеры тех и других способов с количественной оценкой эффективности по сокращению длительности сгорания и улучшению антидетонационных свойств двигателей. Вместе с тем, известны исследования [3], в которых турбулизация заряда существенно сокращала длительность сгорания, однако требования двигателя к детонационной стойкости топлив не менялись. Причины этого не установлены.

Поэтому в настоящей работе проведены экспериментальные исследования по оценке эффективности влияния турбулизации заряда на антидетонационные свойства двигателя. Турбулизация заряда создавалась путем заширмления впускного клапана, то есть отражателей на клапане, влияющих на турбулизацию поступающего в камеру сгорания заряда.

Опыты с заширмленным клапаном проводились на выделенном цилиндре 4-цилиндрового двигателя размерностью 79 мм х 80 мм, клиновой камерой и степенью сжатия  $s = 9$ . Угол охвата ширмы  $120^\circ$ , высота ширмы 10 мм. Клапан устанавливался и фиксировался в 4-х положениях (позициях). Схема ориентации ширмы в 4-х положениях показана на рисунке 1.

Свеча зажигания

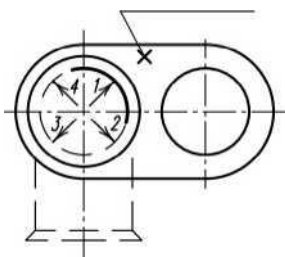


Рисунок 1 - Схема ориентации ширмы

Выделенный цилиндр имел отдельную систему питания. Остальные три цилиндра питались от штатной системы. Эти цилиндры работали при небольшом открытии дроссельной заслонки. Штатная система зажигания работала на все цилиндры.

До моторных испытаний была выполнена продувка выделенного цилиндра, которая показала наибольшую интенсивность движения заряда при положении заширмленного клапана в позиции 2. Предварительные моторные испытания показали, что наибольшие изменения эффективных показателей двигателя происходят так же при положении клапана в позиции 2. Поэтому дальнейшие сравнительные (со штатным клапаном) опыты проводились при положении заширмленного клапана в позиции 2. На рисунке 2 представлены регулировочные характеристики по углу опережения зажигания, снятые при коэффициенте избытка воздуха  $a = 0,9$ , максимальном наполнении цилиндра, частоте вращения 1700 об/мин при работе двигателя на бензине и на изооктане.

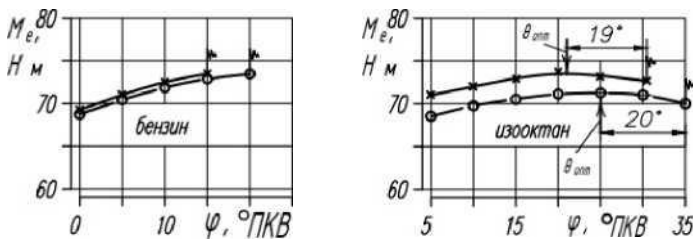


Рисунок 2- Регулировочные характеристики по углу зажигания:

○ - штатный клапан; \* - заширмленный клапан; |\* - начало слышимой детонации.

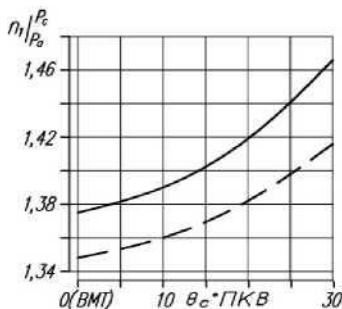
Как следует из рисунка 2 заширмление клапана не улучшает антидетонационные свойства двигателя. При работе на бензине отличия в моменте начала детонации составили 5 °ПКВ. Близкие результаты и для изооктана - разность между оптимальным углом зажигания и углом зажигания по началу детонации практически не изменилась: с заширмленным клапаном - 19 °ПКВ, со штатным клапаном - 20 °ПКВ.

Чтобы установить причины этого, было проведено индицирование выделенного цилиндра. Индицирование показало, что длительность сгорания от момента отрыва линии сгорания от

линии сжатия до максимума температуры цикла (длительность тепловыделения) с заширленным клапаном сократилась на 9 °ПКВ. При этом изменились характеристика активного тепловыделения, представленная в относительных координатах на рисунке 3, и значение среднего показателя политропы сжатия (рисунок 4).



**Рисунок 3 - Характеристики активного тепловыделения**



**Рисунок 4 - Средние показатели политроп сжатия**

Обозначения на рисунках 3 и 4:  $\xi_a$  - текущее значение коэффициента активного тепловыделения;  $\xi_{aT}$  - значение коэффициента активного тепловыделения при максимальной температуре цикла;  $\theta_c$  - угол в градусах поворота коленчатого вала (°ПКВ) от верхней мертвой точки (ВМТ) до момента отрыва линии сгорания от линии сжатия (отсчет ведется против вращения вала);  $\theta$  - текущий угол поворота коленчатого вала (отсчитывается от ВМТ в по направлению вращения);  $\theta_{ПКВ}$  - угол ПКВ от ВМТ до момента достижения максимума температуры цикла;  $\bar{n}_1/P_0$  - средний показатель политропы сжатия от начального давления  $P_0$  до текущего значения давления сжатия  $P_c$  (определялся по давлениям).

Расчет основных показателей рабочего цикла [4] показывает, что кривая активного тепловыделения в случае с заширленным клапаном (сплошная кривая на рисунок 4) характеризует более медленное выгорание топлива в начальный период сгорания по сравнению с кривой активного тепловыделения при штатном клапане. Уменьшение динамики сгорания будет приводить к некоторому улучшению антидетонационных свойств двигателя, что отмечается и другими исследователями [5].



Изменение показателя  $n_{11}^{\wedge}$  характеризует более сильный подогрев заряда при сжатии в случае заширмленного клапана. При этом по мере уменьшения участка сжатия (по мере роста  $0_c$ ) разрыв между кривыми на рисунке 4 увеличивается. Это свидетельствует о том, что на начальных участках сжатия в цикле с заширмленным клапаном подогрев заряда значительно выше, чем в цикле с обычным клапаном. Повышенный подогрев при сжатии создает более высокий уровень текущей температуры несгоревшей части заряда за весь период от начала сжатия до окончания сгорания, что способствует более интенсивному развитию самовоспламенения и возникновению детонации. Этот повышенный подогрев должен оказывать более сильное влияние на детонацию для топлив с одностадийным механизмом воспламенения, характерного для ароматических углеводородов, а также для топлив с двухстадийным механизмом самовоспламенения, когда развитие процесса самовоспламенения протекает по высокотемпературному механизму при более высоких температурах несгоревшей части заряда. Это относится к двигателям с более высокими степенями сжатия, работающим на бензине, в составе которого большая доля парафиновых углеводородов высокой детонационной стойкости.

В двигателях с невысокой степенью сжатия применялся бензин, состоящий в основном из парафиновых углеводородов с низким октановым числом. Поэтому вероятнее всего процесс самовоспламенения несгоревшей части заряда в таких двигателях развивался в низкотемпературной стадии двухстадийного механизма, характерной для невысоких температур. В низкотемпературной стадии температура практически не влияет на задержки самовоспламенения и, следовательно, на скорости предпламенных химических реакций. Этим можно объяснить противоречивые результаты по исследованию турбулизации на антидетонационные свойства двигателей с разными степенями сжатия и работающих на различных топливах.

Внутренняя турбулизация за счет вытеснителей и геометрических очертаний камер сгорания (КС) создается в конце процесса сжатия, когда температура газа выше температуры стенок КС. В этом случае так же увеличивается теплопередача, но она уменьшает температуру и, значит, замедляет развитие

самовоспламенения и детонации. Оба фактора, увеличение скорости горения и интенсивности теплопередачи, работают на подавление детонации. Поэтому, при прочих равных условиях, турбулизация, создаваемая внутри цилиндра, всегда будет сильнее подавлять детонацию, чем турбулизация, создаваемая на впуске.

**Выводы.**

1. Турбулизация заряда, создаваемая на впуске в цилиндры двигателей, приводит к сокращению длительности сгорания, но может как снижать требования к детонационной стойкости топлива, так и не менять и, возможно, даже их увеличивать. Это зависит от группового состава топлива, величины октанового числа, степени сжатия двигателя, механизма самовоспламенения топлива.

2. Турбулизация заряда, создаваемая на впуске в цилиндры двигателей, приводит к значительному подогреву заряда при сжатии, особенно на начальном участке сжатия, более высокому уровню текущей температуры несгоревшего заряда от начала сжатия до его сгорания. В зависимости от применяемого топлива, степени сжатия это повышение температуры может нивелировать улучшение антидетонационных свойств двигателя от сокращения длительности сгорания.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Воинов, А. Н. Сгорание в быстроходных поршневых двигателях / А. Н. Воинов. -М. : Машиностроение, 1977. -277 с.
2. Лурье, В. А. Итоги науки и техники (двигатели внутреннего сгорания): Пути повышения экономичности автотракторных двигателей / В. А. Лурье, В. А. Мангушев, И. В. Маркова. - ВИНТИ, 1982. -Т.3.- 232 с.
3. Klopfen von Ottomotoren-Bericht uber eine international Konferenz in Wolfsburg // MTZ. - 1982. - 43,- № 6. - Pp. 272-274.
4. Капустин, А. В. Особенности расчета процесса сжатия в математических моделях термодинамических циклов бензиновых двигателей / А. В. Капустин, В. Л. Чумаков, А. В. Бижаев // В сб.: Чтения академика В. Н. Болтинского. - 2020. - С. 220-226.
5. Что происходит с автомобильным двигателем / Д. Карис, А. Мак Дuffи, В. Митшелл, Ф. Вицалек. - В кн.: Применение нефтепродуктов. - М. - Т. 7. - 1957. - С. 407-432.

### ***Об авторах:***

**Капустин Александр Васильевич**, доцент ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого» (173003, Российская Федерация, Великий Новгород, Большая Санкт-Петербургская ул., 41), кандидат технических наук, доцент.

**Чумаков Валерий Леонидович**, профессор кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, профессор.

**Девянин Сергей Николаевич**, профессор кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор.

**Бижаев Антон Владиславович**, доцент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук.

### **About the authors:**

**Alexander V. Kapustin**, Associate Professor, Yaroslav the Wise Novgorod State University (173003, Russian Federation, Veliky Novgorod, Bolshaya St. Petersburg st., 41), Cand.Sc. (Engineering), Associate Professor.

**Valery L. Chumakov**, professor, Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya st., 49), Cand.Sc. (Engineering), professor.

**Sergey N. Devyanin**, professor, Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya st., 49), D.Sc. (Engineering), professor.

**Anoton V. Bizhaev**, associate professor, Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya st., 49), Cand.Sc. (Engineering).

**ПОДГОТОВКА АГРОИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ НА  
МАШИНОИСПЫТАТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ  
В. И. ГОРЯЧКИНА (1913-1930)**

**Н. Л. Зайцева, Н. В. Алдошин, Н. Ю. Рябова**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

***Аннотация.** В статье рассказывается о подготовке агроинженерных кадров на Машиноиспытательной станции В. П. Горячкина в МСХИ-Петровской академии-ТСХА (ныне РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева).*

***Ключевые слова:** В. П. Горячкин, агроинженеры, земледельческая механика, Машиноиспытательная станция.*

**TRAINING OF AGROENGINEERING PERSONNEL AT THE  
V. P. GORYACHKIN MACHINE TESTING STATION  
(1913-1930)**

**N. L. Zaitseva, N. V. Aldoshin, N. Yu. Ryabova**

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

***Abstract.** The article tells about the training of agro-engineering personnel at the Machine Testing Station of V. P. Goryachkin at the Moscow Agricultural Academy-Petrovsky Academy-TSHA (now RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev).*

***Keywords:** V. P. Goryachkin, agricultural engineers, agricultural mechanics, Machine Testing Station.*

Целью данной статьи является рассмотрение вопроса о создании агроинженерной школы академиком В. П. Горячкиным (1868-1935) на базе Машиноиспытательной станции (МИСа), построенной в Московском сельскохозяйственном институте (МСХИ, ныне РГАУ-МСХА) 110 лет назад, в 1913 году. Вообще, 1913 год стал знаковым и для В. П. Горячкина и для вуза - сельскохозяйственно-инженерное отделение было переименовано в инженерное, что свидетельствовало о росте престижности именно инженерного образования; поменялись учебные планы, и теперь для

инженерного отделения читались девять специальных курсов. Для нового отделения архитектором Г. А. Кайзером (1860-1931 гг.) было перестроено старое студенческое общежитие, что позволило открыть 13 лабораторий и кабинетов [1, с. 137]. Наконец, В. П. Горячкин получил звание профессора.

Машиноиспытательная станция, являясь учебным подразделением вуза, готовила будущих агроинженеров, где В. П. Горячкин, читая курс «Земледельческая механика», смело соединял чтение лекций с практической и научно-исследовательской деятельностью студентов на МИСе. Василий Прохорович постоянно нащупывал новые пути подготовки агроинженерных кадров, держа в поле зрения проблему преемственности специалистов в области сельскохозяйственного машиностроения. Уже с первых лет работы МИСа он привлёк в качестве либо практикантов, либо чертёжников полтора десятков студентов [2, с. 22]. Позднее, в 1922 году, на базе МИСа Василий Прохорович создал научный кружок по земледельческой механике, в котором стали заниматься почти 80 % всех обучающихся на отделении сельскохозяйственного машиностроения Сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева (ТСХА, ныне РГАУ-МСХА) [3, с. 152]. Из активистов-студентов выдвигались будущие научно-преподавательские кадры, и на МИСе в 1920 годы трудились на разных должностях около 50 студентов.

С самого начала В. П. Горячкин начал формировать специализацию научных исследований. Например, с 1915 года В. А. Желиговский сосредоточился на испытании уборочных машин и создании теории молотилок, С. В. Полетаев - на зерноочистительных машинах, а Б. А. Криль - на почвообрабатывающих и посевных машинах [1, с. 91]. В том же году под Киевом на Всероссийской промышленной выставке В. П. Горячкин заинтересовался первыми в России испытаниями тракторов, в основном американской фирмы «Холт-Парр» на гусеничном ходу. Прекрасно отдавая себе отчёт в том, что изучение новой техники требует особых знаний, сам В. П. Горячкин предпочёл остаться в области изучения сельскохозяйственных машин на конной тяге. Но, понимая всю перспективность новой техники, Василий Прохорович всё-таки создал на МИСе тракторный отдел, выхлопотал средства и привлёк к работе специалистов-трактористов, выделив для них

обширную площадь в машинном сарае, и даже дал место для монтажа тракторов, направляемых через Москву, интересовался их испытаниями и давал полезные советы.

Десятки будущих доцентов и профессоров, в том числе пять академиков, начинали свой путь в науку на станции ещё студентами: В. А. Желиговский (1891-1974), В. П. Селезнёв (1891-1954), И. И. Артоболевский (1905-1977), В. Н. Болтинский (1904-1977), Н. Д. Лучинский (1899-1983) и другие [3, с. 151]. Например, третькурсник Желиговский работал на МИСе сначала практикантом, а в 1917 году был назначен помощником В. П. Горячкина по руководству станцией. Впоследствии Владислав Александрович будет преемником учителя на посту заведующего кафедрой «Сельскохозяйственные машины» Московского института механизации и электрификации сельского хозяйства (МИМЭСХа, ныне Институт механики и энергетики имени В. П. Горячкина в составе РГАУ-МСХА). В. П. Селезнёв, также студентом, привлеченный к работе на МИСе, затем более двадцати лет (1930-1951) возглавлял кафедру «Механизация сельского хозяйства» Сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева (ТСХА, ныне РГАУ-МСХА). И. И. Артоболевский, один из основателей Института машиноведения Академии Наук СССР и Герой Социалистического Труда также начинал на МИСе чертёжником, а потом трудился слесарем-механиком в группе по ремонту и испытанию жатвенных машин. В поле зрения Горячкина в свое время оказался способный студент В. Н. Болтинский, будущий академик, Герой Социалистического Труда и многолетний заведующий кафедрой «Тракторы и автомобили» (1948-1968) МИМЭСХа. Став лаборантом тракторного отдела МИСа в 1927 году, Василий Николаевич написал выпускную работу под названием «Конструкция трактора с бескомпрессорным дизель-мотором по типу «Юнкере» для работы с плугом ЗМ4» и внёс свой первый вклад в теорию и практику отечественного тракторостроения [1, с. 156].

Большинство учеников Горячкина, которые в разное время прошли школу МИСа, образовали элиту агроинженерных кадров страны. Например, Б. А. Криль (1881-1944), помощник Василия Прохоровича по работе на МИСе с 1 сентября 1914 года, многие годы состоял профессором МИМЭСХа. Профессор М. М. Якуб

многие годы плодотворно трудился на кафедре «Механизация сельского хозяйства» ТСХА, профессор Г. И. Бремер (1904-1992) стал в 1948 году первым заведующим кафедрой «Животноводческие машины» МИМЭСХа (ныне кафедра «Инжиниринг животноводства» РГАУ-МСХА). Профессор М. А. Пустыгин (1906-2012) прославился как разработчик самоходного комбайна «С-4», за что получил Сталинскую премию I степени в 1947 году, профессор М. И. Шлыков (1892-1986) стал лауреатом Сталинской премии II степени 1948 года за разработку льноуборочного комбайна «ЛК-7». Внесли свой вклад в агроинженерную науку и профессор В. А. Коробов - многолетний заведующий кафедрой «Тракторы, автомобили и сельскохозяйственные двигатели» ТСХА (1938-1963), профессора А. Н. Гудков, Н. В. Щучкин, С. И. Жегалов, М. В. Кузичев, С. П. Вострокнутиков, И. Г. Кузнецов, С. В. Полетаев, доценты Б. М. Шмелёв, С. И. Жегалов, М. Н. Горбунов, С. А. Городков, Ю. Ю. Ревякин, К. А. Барков, Н. Широков и многие другие [1, с. 123].

Судьбы некоторых агроинженеров поистине достойны пера писателя. Например, совсем недавно, в 2022 году к 100-летию создания Службы внешней разведки СССР были рассекречены материалы о генерал-лейтенанте П. М. Фитине (1907-1971), руководителе внешней разведки СССР с 1939 по 1946 годы. А начинал свой трудовой путь легендарный разведчик инженером лаборатории МИСа. 28 июня 2022 года в День столетия Службы внешней разведки Российской Федерации в РГАУ-МСХА состоялась торжественная церемония посадки именного дерева в честь П. М. Фитина.

Особо хочется отметить роль Василия Прохоровича в судьбе И. А. Пестрякова (1893-1957), инвалида Первой мировой войны (1914-1918), которому после ранения ампутировали правую руку ниже локтя. В. П. Горячкин оценил трудолюбие и старательность Ивана Афанасьевича, который с 1916 года стал разнорабочим на МИСе. Сначала профессор спроектировал протез для инвалида, выглядевший скорее, как крюк, который во время работы надевался на правую руку, что позволяло держать предмет, и бывший ломовой извозчик стал работать наладчиком сельскохозяйственных машин. С 1930 годов и до конца жизни И. А. Пестряков уже

состоял главным механиком учебных ремонтных мастерских МИМЭСХа [2, с. 28].

1 сентября 1930 года, во многом благодаря инициативе В. П. Горячкина, открылся МИМЭСХ, где сам профессор возглавил кафедру «Сельскохозяйственные машины», и профессорско-преподавательский штат нового вуза в основном состоял из учеников великого учёного. Готовил В. П. Горячкин и кадры для национальных республик, например, аспирантом Василия Прохоровича был Г. Я. Шхвацабая (1903-1993), проводивший свои опыты на МИСе. Георгий Яковлевич потом вернулся в Грузию, где главным делом академика Академии сельскохозяйственных наук Грузии, члена-корреспондента Академии наук Грузии Г. Я. Шхвацабая стало создание самоходной чаесборочной машины «ЧА-900».

В конце 1920 годов Василий Прохорович стал, так сказать, отцом-основателем двух научно-исследовательских институтов: в 1928 году на базе МИСа был организован Всесоюзный научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения (ВИСХОМ), а спустя два года был создан нынешний Федеральный научный агроинженерный центр «ВИМ» Российской Академии Наук. Естественно, что кадры для новых НИИ в основном набирались из учеников Горячкина, так или иначе в свое время связанных с Машиноиспытательной станцией [1, с. 201].

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Ерохин, М. Н. Василий Прохорович Горячкин: страницы жизни / М. Н. Ерохин, Н. Л. Зайцева, Н. В. Алдошин. - М. : ФГБНУ «Росинформа- гротех», 2020.
2. Алдошин, Н. В. К 120-летию кафедры «Сельскохозяйственные машины» РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (1901-2021) / Н. В. Алдошин, Н. Л. Зайцева, Н. Ю. Рябова. - М. : ООО «Сам полиграфист», 2021.
3. Зайцева, Н. Л. Страницы истории агроинженерного образования России в РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева / Н. Л. Зайцева, Н. В. Алдошин, Н. Ю. Рябова // Известия ТСХА. - 2021. - Выпуск 4.



***Об авторах:***

**Зайцева Наталья Леонидовна**, директор Мемориального музея-квартиры К. А. Тимирязева, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат исторических наук, доцент.

**Алдошин Николай Васильевич**, заведующий кафедрой «Сельскохозяйственные машины», ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор.

**Рябова Наталья Юрьевна**, заведующий Музеем земледельческой механики имени В. П. Горячкина, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

***About the authors:***

**Natalia L. Zaitseva**, Director of the Memorial Museum-Apartment of K. A. Timiryazev, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49), Cand.Sc. (Historical), associate Professor.

**Nikolay V. Aldoshin**, Head of the Department «Agricultural Machines», Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49), D.Sc. (Engineering), Professor.

**Natalia Yu. Ryabova**, Head of the V.P. Goryachkin Museum of Agricultural Mechanics, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya str., Moscow, 127434, Russian Federation).

**МАШИНОИСПЫТАТЕЛЬНАЯ СТАНЦИЯ  
В. И. ГОРЯЧКИНА: ОТ ИДЕИ ДО РЕАЛИЗАЦИИ  
(1905-1913)**

**Н. Л. Зайцева, Н. В. Алдошин, Н. Ю. Рябова**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

*Аннотация. В статье рассказывается об истории создания В. П. Горячкиным Машиноиспытательной станции Московского сельскохозяйственного института (ныне РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева).*

*Ключевые слова: В. П. Горячкин, машиноиспытательная станция, испытание сельскохозяйственной техники.*

**TRAINING OF AGROENGINEERING PERSONNEL AT THE  
V. P. GORYACHKIN MACHINE TESTING STATION  
(1913-1930)**

**N. L. Zaitseva, N. V. Aldoshin, N. Yu. Ryabova**

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

*Abstract. The article tells about the history of the creation of V. P. Goryachkin of the Machine Testing Station of the Moscow Agricultural Institute (now RGAU-MSHA named after K. A. Timiryazev).*

*Keywords: V. P. Goryachkin, Machine Testing Station, testing of agricultural machinery.*

Целью данной статьи является рассмотрение вопроса об истории создания великим учёным В. П. Горячкиным (1868-1935) Машиноиспытательной станции (МИСа) Московского сельскохозяйственного института (МСХИ, ныне РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева). Тема эта сейчас особенно актуальна, так как в этом году исполняется 110 лет со дня постройки МИСа. Уже с первых лет работы Василия Прохоровича в вузе - с 1896 года - у учёного возникла идея о постройке учебного полигона для испытания сельскохозяйственной техники. Доставшиеся ему от предшественников - профессоров практической механики Петровской

земледельческой и лесной академии В. К. Делла-Воса (1829-1890) и А. К. Эшлимана (1839-1899) склад и кабинет земледельческих машин и орудий к этому времени уже не отвечали современным требованиям. Вообще идея о постройке Машиноиспытательной станции давно витала в воздухе. Впервые её высказали ещё в 1871 году А. К. Эшлиман и профессор, заведующий кафедрой «Земледелие» И. А. Стебут (1833-1923). Совет Петровской земледельческой и лесной академии даже создал тогда особую комиссию по этому вопросу, в мае 1873 года представившей свой доклад, но дальше слов дело не пошло [1, с. 73]. Что касается испытаний сельскохозяйственных орудий и машин на Бутырском хуторе (ныне парк имени Н. И. Гончарова) - опытном полигоне Императорского Московского общества сельского хозяйства (МОСХ), то они не удовлетворяли Василия Прохоровича, поскольку проводились нерегулярно, с перерывами на два-три года, продолжались только летом, когда студенты находились либо на каникулах, либо на учебной практике, и, наконец, мероприятия носили, прежде всего, рекламный характер: производители стремились в наилучшем свете представить свою продукцию и увеличить продажи [1, с. 73].

После посещения 20 мая 1905 года Международного конгресса специалистов по сельскохозяйственным машинам в бельгийском городе Льеже В. П. Горячкин пришел к твердому решению о необходимости устройства в вузе собственной Машиноиспытательной станции, которая должна была стать логичным продолжением преобразования сельскохозяйственно-инженерного отделения МСХИ в инженерное [2, с. 11]. Но, один в поле не воин, Василию Прохоровичу была нужна поддержка не только вузовских коллег и начальства, но и финансовая помощь государства, а, точнее, Министерства земледелия и государственных имуществ Российской империи. Начал В. П. Горячкин с внесения проекта постройки МИСа на рассмотрение Совета Московского сельскохозяйственного института, который охотно поддержал эту идею 25 августа 1906 года. Василий Прохорович подготовил вскоре - 14 ноября 1906 года докладную записку, где четко определял назначение будущей Машиноиспытательной станции и нашёл понимание в Главном управлении землеустройства и земледелия Министерства земледелия и государственных имуществ,

рассмотревшим и одобвившим 10 марта 1907 года проект постройки МИСа в МСХИ на Учёном комитете Министерства. Чиновники подготовили бумаги о необходимости выделения дополнительной суммы на постройку МИСа в смете Министерства земледелия и государственных имуществ на 1908 год, но... На заседании Совета министров Российской империи Министерство финансов задержало рассмотрение этого вопроса, и Министерство земледелия и государственных имуществ согласилось на временную отсрочку и предложило для облегчения осуществления проекта постройки МИСа разделить единовременный расход по устройству станции на два года. Как выяснится потом, ожидания выделения денег растянутся на шесть лет [1, с. 77].

В. П. Горячкин сразу понял, что финансирование его проекта затягивается на неопределённый срок и поднял все свои связи в столице, решив для начала искать помощи у своих бывших учеников. Дело в том, что с 1907 года в Министерстве земледелия и государственных имуществ существовала новая структура - Бюро по сельскохозяйственной механике, где руководителем стал агроном по образованию, выпускник МСХИ Д. Д. Арцыбашев (1873-1942), прослушавший в своё время курс земледельческой механики у Василия Прохоровича. Работал там ещё один ближайший ученик Горячкина - В. Ю. Ган (1876-1939), бывший помощник Василия Прохоровича по испытаниям сельскохозяйственной техники на Бутырском хуторе. Естественно, что специалисты, хорошо понимавшие необходимость развития машиноиспытательных станций в России, горячо поддержали инициативу своего учителя [1, с. 79].

Понимание В. П. Горячкин нашёл и в лице тогдашнего директора МСХИ профессора И. А. Иверонова (1867-1916). Иван Александрович оказывал всяческую помощь Василию Прохоровичу в его работе по совершенствованию подготовки инженерных кадров в вузе, ведь Машиноиспытательная станция задумывалась как часть решения комплексной проблемы подготовки агроинженеров на отдельном, уже чисто инженерном отделении МСХИ, что, кстати, и произошло в 1913 году [3, с. 151]. Московский сельскохозяйственный институт в те годы - начало XX века - представлял собой непрекращающуюся стройку, а И. А. Иверонова стали даже называть «директором-строителем», чей

выдающийся административный талант во многом способствовал обустройству инженерного факультета [1, с. 129]. Именно Иван Александрович активно содействовал созданию в МСХИ в начале XX века Селекционной станции Д. Л. Рудзинского (1866-1954), Льняной станции И. С. Шулова (1874-1940), Фитопатологической станции С. И. Ростовцева (1861-1916) и Станции питания растений Д. Н. Прянишникова (1865-1948). Наконец, по инициативе сотрудников Бюро по сельскохозяйственной механике Министерства земледелия и государственных имуществ 1 января 1912 года был принят закон «О некоторых мероприятиях по устройству и содержанию сельскохозяйственных опытных станций», на основании которого было решено построить Машиноиспытательные станции в Омске, Елизаветграде, Санкт-Петербургской губернии, Безенчуке Самарской губернии, Ростове-на-Дону и в Москве.

У В. П. Горячкина уже давно был готов проект постройки МИСа, спроектированный коллегой Василия Прохоровича по МСХИ, заведующим кафедрой «Сельскохозяйственная архитектура» профессором П. С. Страховым (1868-1934) и профессором той же кафедры Н. Н. Черновым. Место для станции около Фермского пруда Горячкин выбирал неслучайно, ведь именно здесь были сосредоточены истоки инженерии вуза: сначала там находилась водяная мельница с лесопилкой, потом в пруду разводили рыб и здесь же устроили водопой для животных фермы Петровской земледельческой и лесной академии [1, с. 81]. И сегодня на территории, которую раньше занимала МПС, находятся: Машинно-тракторная станция РГАУ-МСХА, Метеорологическая обсерватория имени В. А. Михельсона, Полевая опытная станция. Так что, по-прежнему, спустя более, чем сто лет центром инженерии нашего вуза является место, выбранное В. П. Горячкиным для постройки Машиноиспытательной станции.

Общая смета расходов на строительство МИСа составляла 34 тысячи рублей, из них 19 тысяч предполагалось потратить на сооружение здания, а 15 тысяч на приобретение оборудования. И здесь В. П. Горячкин остался верен своей всегдашней хозяйственной бережливости и скрупулезной честности. Один из строительных экспертов инженер А. Р. Дитрих утверждал, что сметные требования Горячкина слишком малы. При постройке аналогичных зданий (Безенчугской и Екатеринославской

Машиноиспытательных станций) стоимость кубической сажени здания составляла 66 рублей, а Василий Прохорович просил не более 58 рублей [1, с. 82]. Василию Прохоровичу удалось ещё и сэкономить 6,5 тысяч рублей! Всего на сооружение было потрачено 27 тысяч 500 рублей, вместо 34 тысяч. Официальное открытие станции произошло 1 января 1914 года, хотя строительные работы были завершены уже в 1913 году, и на МИСе сразу же началась плодотворная работа. Одноэтажное здание с центральным водяным отоплением, состоявшее из трёх корпусов, получилось простым и удобным, там было восемь комнат: две передних, библиотека, лаборатория, чертёжная, зал для испытаний, кабинет профессора и инструментальная комната. Нашлось место и для квартир помощника заведующего станцией и мастера, для машинного сарая и музея старых орудий. Штат МИСа в 1913 году состоял из шести человек: заведующего, завхоза, счетовода, управляющего подсобным хозяйством и двух помощников-мастеров. К зданию примыкало опытное поле площадью шесть гектаров (сегодня здесь размещается Полевая опытная станция РГАУ - МСХА имени К. А. Тимирязева).

Так началась славная история Машиноиспытательной станции В. П. Горячкина, которая почти двадцать лет была опытной, научной и педагогической базой для подготовки агроинженеров в Московском сельскохозяйственном институте - Петровской сельскохозяйственной академии - Сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева - Московском институте механизации и электрификации сельского хозяйства.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Ерохин, М. Н. Василий Прохорович Горячкин: страницы жизни / М. Н. Ерохин, Н. Л. Зайцева, Н. В. Алдошин. - М. : ФГБНУ «Росинформа- гротех», 2020.
2. Алдошин, Н. В. К 120-летию кафедры «Сельскохозяйственные машины» РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (1901-2021) / Н. В. Алдошин, Н. Л. Зайцева, Н. Ю. Рябова. - М. : ООО «Сам полиграфист», 2021.
3. Зайцева, Н. Л. Страницы истории агроинженерного образования России в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева / Н. Л. Зайцева, Н. В. Алдошин, Н. Ю. Рябова // Известия ТСХА. - 2021. - Выпуск 4.

***Об авторах:***

**Зайцева Наталья Леонидовна**, директор Мемориального музея-квартиры К. А. Тимирязева, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат исторических наук, доцент.

**Алдошин Николай Васильевич**, заведующий кафедрой «Сельскохозяйственные машины», ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор.

**Рябова Наталья Юрьевна**, заведующий Музеем земледельческой механики имени В. П. Горячкина, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

***About the authors:***

**Natalia L. Zaitseva**, Director of the Memorial Museum-Apartment of K. A. Timiryazev, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49), Cand.Sc. (Historical), associate Professor.

**Nikolay V. Aldoshin**, Head of the Department «Agricultural Machines», Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49), D.Sc. (Engineering), professor.

**Natalia Yu. Ryabova**, Head of the V.P. Goryachkin Museum of Agricultural Mechanics, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya str., Moscow, 127434, Russian Federation).

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ФИЛЬТРОВАНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

**Е. А. Улюкина<sup>1</sup>, А. В. Орешенков<sup>2</sup>, Ф. Е. Шарыкин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФАН «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации», г. Москва, Российская Федерация

***Аннотация.** Современные потребности технологий, машин и оборудования сельскохозяйственного назначения обуславливают решение вопросов очистки применяемых дизельных топлив. Однако, конструкции используемых в настоящее время фильтров, содержащих сменные фильтрующие элементы, обладают малым ресурсом и не всегда обеспечивают требования эффективной очистки топлив. Для оценки эффективности применения гидродинамического фильтрования дизельного топлива проведены исследования, результаты которых позволяют на стадии разработки закладывать конструктивные параметры фильтрующих элементов для обеспечения оптимального функционирования устройства.*

***Ключевые слова:** дизельное топливо, агропромышленный комплекс, гидродинамический фильтр, ресурс работы, механические примеси, очистка, регрессионная модель.*

## EFFICIENCY OF HYDRODYNAMIC FILTRATION FOR DIESEL FUEL PURIFICATION

**E. A. Ulyukina<sup>a</sup>, A. V. Oreshenkov<sup>b</sup>, F. E. Sharykin<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

<sup>b</sup>25 State Research Institute of Chemmotology of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

***Abstract.** Modern needs of technologies, machinery and equipment for agricultural purposes determine the solution of the issues of purification of used diesel fuels. However, the designs of currently used filters containing replaceable filter elements have a small resource and do not always meet the requirements of effective fuel purification. To evaluate the effectiveness of the use of hydrodynamic*



*filtration of diesel fuel, studies have been conducted, the results of which make it possible to lay down the design parameters of the filter elements at the development stage to ensure optimal functioning of the device.*

**Keywords:** *diesel fuel, agro-industrial complex, hydrodynamic filter, service life, mechanical impurities, purification, regression model.*

Содержание механических примесей в дизельных топливах, выпускаемых нефтеперерабатывающими заводами, регламентируется нормативными требованиями, согласно которым загрязнение продукта не должно превышать 24 мг/кг, однако на практике оно значительно выше. А техническое совершенствование топливной аппаратуры, обладающей высокой чувствительностью к чистоте топлива, применяемого в сельском хозяйстве, обуславливает повышенные требования к данному показателю [1].

Механические загрязнения в топливе негативно влияют на системы впрыска двигателей, нарушая работу движущихся частей насоса, а также работу электрических компонентов. Срок службы отдельных элементов топливной аппаратуры в зависимости от загрязненности топлива может значительно сокращаться, что обуславливает соответствующие требования к средствам очистки. В то же время, экспериментально установлено, что в случае применения средств очистки топлива до показателя 5 мкм, по сравнению с работой на неочищенном топливе, в 8,5 раз повышается срок службы плунжерных пар [2].

Современная сельскохозяйственная техника требует применения передовых технологий и устройств обеспечения чистоты дизельного топлива, ведь от этого показателя напрямую зависит эффективность и надежность работы двигателей. Универсальные устройства обеспечения чистоты дизельных топлив - фильтры, однако применяемые в них фильтроэлементы имеют ограниченный ресурс работы [3, 4].

Перспективным направлением является использование средств очистки с регенерацией фильтрующих перегородок, обеспечивающей одновременно с фильтрованием удаление с их поверхности частиц загрязнений. Работа таких устройств основана на принципе гидродинамического фильтрования, заключающегося в параллельном или под углом подводе жидкости к поверхности фильтроэлемента [5]. Но в этом случае допускается сброс

части очищаемого продукта для создания продольного потока вдоль фильтрующей перегородки.

Исследователями ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева и ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России» совместно разработана конструкция гидродинамического фильтра, использование которого способствует уменьшению количества поступающего на сброс продукта. Кроме того, в подобных устройствах, путем придания фильтрующей перегородке водоотделяющих свойств, возможно вместе с механическими загрязнениями удаление на одной ступени очистки и эмульсионной воды [6, 7]. В качестве материала перегородки могут применяться сетки с гидрофобным фторопластовым покрытием, нанесенным одним из оригинальных способов [8].

Для определения конструктивных параметров элементов, обладающих оптимальными фильтрующими свойствами при очистке топлив гидродинамическим фильтром, исследована возможность применения в качестве фильтрующей перегородки проволочных сеток с нанесенным гидрофобным покрытием [9] путем определения их гидравлических характеристик.

Исследование гидрофобных сетчатых перегородок с различным размером ячеек (от № 004 до № 008) проводили на модельном фильтроэлементе с использованием дизельного топлива ДТ-5 ЕВРО, класс 4, вид III по ГОСТ Р 52368-2005 в соответствии с требованиями типовой методики испытаний фильтров и фильтров-сепараторов наземных средств очистки горючего [10].

Полученные данные показывают, что все испытываемые образцы обладают приемлемыми гидравлическими характеристиками. С учетом данных результатов, а также требований современного оборудования дизельных двигателей к чистоте топлива, применяемого в агропромышленном комплексе, для дальнейших исследований в качестве разделительной перегородки в модельном элементе гидродинамического фильтра использовали пористую перегородку № 004, обладающую наименьшими размерами ячеек (пор).

Для оценки влияния различных факторов на фильтрующие свойства перегородки проведен полный факторный эксперимент, где в качестве факторов выбраны угол наклона, скорость потока топлива и концентрация механических примесей [11]. В качестве

функций отклика (целевой переменной) выбрана остаточная концентрация механических примесей ( $c''$ , мг/кг) в дизельном топливе.

Формирование матрицы планирования эксперимента и обработку результатов исследования проводили в среде статистического пакета Statgraphics. В результате исследования процесса удаления механических примесей в топливе проверка адекватности моделей 2-го и 3-го порядка показала отсутствие статистической значимости влияния рассматриваемых факторов. По результатам проверки модели 1-го порядка при уровне значимости  $p = 0,05$  влияние факторов оказалось статистически значимым, при этом все эффекты положительны. Установлено наибольшее влияние скорости потока топлива, меньшее влияние угла наклона перегородки и концентрации механических примесей на процесс удаления механических примесей при гидродинамическом фильтровании.

Результаты дисперсионного анализа также свидетельствуют о статистической значимости факторов ( $p$  - значение менее 0,05), включенных в регрессионную модель процесса очистки топлива, остаточная концентрация механических примесей ( $c'$ , мг/кг) в дизельном топливе:

$$Y = -6,2892 + 18,3929 X_1 + 0,0875 X_2 + 0,0006 X_3,$$

где  $X_1$  - скорость потока топлива, м/с;

$X_2$  - угол наклона фильтрующей перегородки, °;

$X_3$  - концентрация механических примесей, мг/кг.

С помощью регрессионной модели рассчитаны значения факторов, обеспечивающие наиболее эффективную очистку дизельного топлива от механических примесей: скорость потока топлива - 0,01 м/с, угол наклона фильтрующей перегородки - 80 °.

Результаты проведенного исследования позволяют на стадии разработки определять технологические условия эксплуатации гидродинамических фильтров и закладывать конструктивные показатели фильтрующих элементов с обеспечением их оптимального функционирования, а также выбирать оптимальные значения скорости потока топлива и угла наклона фильтрующей перегородки, соответствующие нормативным показателям чистоты топлива на выходе из фильтра. Вместе с этим, результаты могут быть

использованы при проведении дальнейших исследований в области обеспечения чистоты дизельного топлива методом гидродинамического фильтрования при эксплуатации сельскохозяйственной техники.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение : справочник / И. Г. Анисимов, К. М. Бадыштова, С. А. Бнатов и др.; Под ред. В. М. Школьников. Изд. 2-е перераб. и доп. - М. : Издательский центр «Техинформ», 1999. - 596 с.

2. Коновалов, В. В. Обеспечение чистоты дизельного топлива при заправке сельскохозяйственной и транспортной техники : дисс. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Коновалов Виктор Викторович. - Москва, 2013. - 130 с.

3. Kovalenko, V. P. Technical solutions for purifying fuels and oils at their life cycle stages / V. P. Kovalenko, S. A. Gaiko, F. E. Sharykin // Chemistry and technology of fuels and oils. - 2016. -Т. 51. - № 6.-Р. 623-626.

4. Перспективы развития средств очистки горюче-смазочных материалов / В. П. Коваленко, С. А. Талко, Ф. Е. Шарькин, А. И. Косых // Труды 25 ГосНИИ МО РФ. - 2014. - Выпуск № 56. - С. 472-480.

5. Финкельштейн, З. Л. Применение и очистка рабочих жидкостей для горных машин / З. Л. Финкельштейн. - М. : Недра, 1986. - 233 с.

6. Патент № 2524215 С1 Российская Федерация, МПК C10G 31/09, B01D 36/04. Устройство для очистки дизельного топлива от загрязнений : № 2013117302/04 : заявл. 17.04.2013 : опубл. 27.07.2014 / В. П. Коваленко, С. А. Талко, Е. А. Улюкина [и др.] ; заявитель Федеральное автономное учреждение «25 Государственный научно-исследовательский институт Химмотологии Министерства обороны Российской Федерации».

7. Патент на полезную модель № 168131 U1 Российская Федерация, МНКВ01D 25/02, B01D 36/04. многоканальный гидродинамический фильтр : № 2016126526 : заявл. 04.07.2016 : опубл. 18.01.2017 / В. В. Прошкин, А. Н. Каптюх, Д. Д. Морошан [и др.].

8. Патент № 2706608 С1 Российская Федерация, МПК B01D 39/12. способ изготовления водоотталкивающей перегородки для фильтров-сепараторов : № 2019111500 : заявл. 17.04.2019 : опубл. 19.11.2019 / В. Е. Турчанинов, Ф. Е. Шарькин, А. И. Замятин ; заявитель Федеральное автономное учреждение «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации».

9. Effect of the Rate Filtration by Hydrophobic Grids on the Efficiency of Its Dehydration / A.V. Dedov, N. M. Likhterova, F. E. Sharykin, E. A. Ulyukina // Inorganic Materials: Applied Research. - 2021. -V. 12. - № 1.- Pp. 147-150.

10. Типовая методика испытаний фильтров и фильтров-сепараторов наземных средств очистки горючего. - М.: МО СССР, 1984. - 104 с.

11. Орешенков, А. В. Исследование эффективности применения гидрофобных проволочных сетчатых перегородок при гидродинамическом фильтровании топлива/ А. В. Орешенков, Ю. Н. Пирогов, В. Е. Константинов, Ф. Е. Шарькин // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2022. - № 1.- С. 16-20.

12. Пуляев, Н. Н. О перспективах применения газомоторного топлива в России / Н. Н. Пуляев, В. С. Богданов, А. И. Сучков // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар, Москва, 20-21 января 2021 года. - М. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. - С. 95-101.

### ***Об авторах:***

**Улюкина Елена Анатольевна**, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук.

**Орешенков Александр Владимирович**, ФАУ «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации» (121467, Российская Федерация, Москва, ул. Молодогвардейская, д. 10), доктор технических наук.

**Шарькин Федор Евгеньевич**, ФАУ «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации» (121467, Российская Федерация, Москва, ул. Молодогвардейская, д. 10).

### ***About the authors:***

**Elena A. Ulyukina**, Associate Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), D.Sc. (Engineering).

**Alexander V. Oreshenkov**, FAU «25 State Research Institute of Chemmotology of the Ministry of Defense of the Russian Federation» (121467, Russian Federation, Moscow, Molodogvardeyskaya str., 10), D.Sc. (Engineering)-

**Fedor E. Sharykin**, FAU «25 State Research Institute of Chemmotology of the Ministry of Defense of the Russian Federation» (121467, Russian Federation, Moscow, Molodogvardeyskaya str., 10).

## ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИЙ КАТОК

**В. И. Пляка, С. П. Казанцев**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

*Аннотация. Рассмотрены вопросы, связанные с предпосевной обработкой почвы. Отмечены изменения состояния структуры почвы после ее крошения и прикатывания. Для выполнения работы по рыхлению и прикатыванию почвы предложена конструкция почвообрабатывающего катка с планетарной передачей. Изготовлена рабочая модель почвообрабатывающего катка. Проверена работоспособность предлагаемой конструкции.*

*Ключевые слова: ведущий каток, ведомый каток, пруток, рабочий элемент, сателлиты, солнечное зубчатое колесо, центральное коронное зубчатое колесо, передаточное число.*

## TILLAGE RINK

**V. I. Plyaka, S. P. Kazancev**

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

**Abstract.** *This article discusses issues related to pre-sowing tillage. Changes in the soil structure after its rolling are noted. To perform the work on loosening and rolling the soil, the design of a tillage roller with a planetary gear is proposed. A working model of a tillage roller was made. The operability of the proposed design has been tested.*

**Keywords:** *driving roller, driven roller, rod, working element, satellites, solar gear wheel, central crown gear wheel, gear ratio.*

Крошение обрабатываемого слоя почвы до требуемого размера почвенных частиц является одним из показателей оценки качества подготовки почвы. Лучшее крошение с меньшими энергозатратами достигается при нахождении почвы в состоянии «физической спелости» [1,2].

В почве, имеющей глыбистую поверхность, ухудшается равномерность заделки семян по глубине, возрастают потери влаги. Сильно распыленная почва более подвержена воздействию водной

и ветровой эрозии. После обильных дождей на ее поверхности быстрее образуется корка.

Большое разнообразие типов почв и необходимого качества подготовки их под различные культуры обуславливает применение различных сельскохозяйственных орудий, в том числе ротационных бесприводных почвообрабатывающих катков [3-6].

У предлагаемого почвообрабатывающего катка основными рыхлящими и уплотняющими рабочими органами являются прутки и проволочные рабочие органы (рисунок 1) [7].

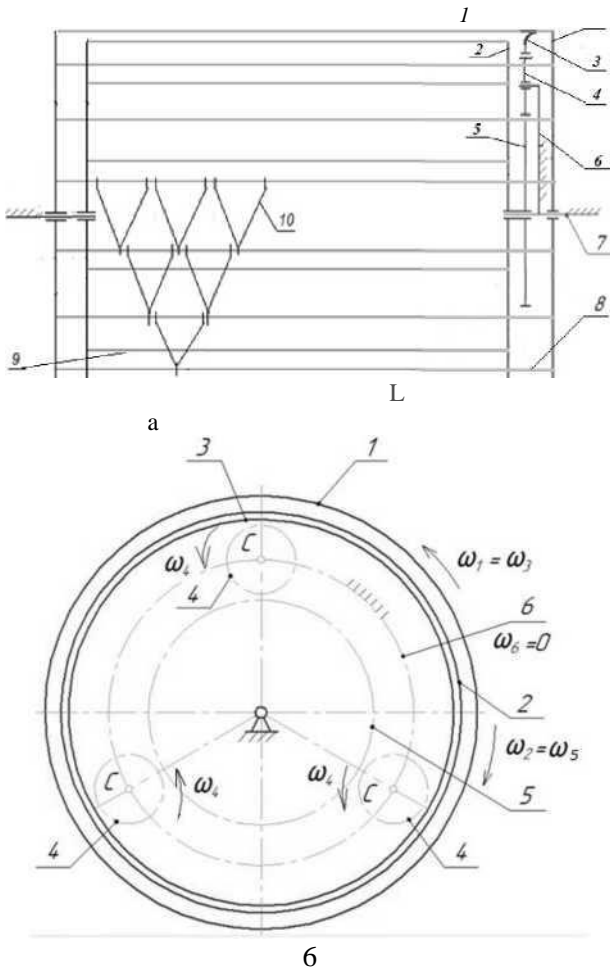
Почвообрабатывающий каток состоит из ведущего катка 1 и ведомого катка 2. Правый диск ведущего катка 1 является центральным коронным зубчатым колесом 3 (угловая скорость  $\omega_1 = \omega_3$ ) и соединен через сателлиты 4 с подвижным солнечным зубчатым колесом 5. Сателлиты 4 вращаются на неподвижном водиле 6, жестко соединенным с осью 7 прицепного механизма катка. Солнечное зубчатое колесо 5 жестко соединено с ведомым катком 2. Диски ведущего катка 1 соединены между собой упругими прутками 8. Диски ведомого катка 2 соединены между собой упругими прутками 9. На прутках 8 ведущего катка 1 установлены рабочие органы 10. Привод ведомого катка 2 осуществляется от ведущего катка 1 через сателлиты 4 и солнечное зубчатое колесо 5.

При движении почвообрабатывающего катка по полю, ведущий каток 1 получает вращательное движение от соприкосновения с почвой прутков 8 с рабочими органами 10 и центральным коронным зубчатым колесом 3 вращает сателлиты 4 вокруг собственной оси с угловой скоростью  $\omega_4$ . Качение сателлитов 4 вызывает вращение подвижного солнечного зубчатого колеса 5, что обеспечивает вращение соединенного с ним ведомого катка 2 ( $\omega_2 = \omega_5$ ). Система закрепления водила 6 ( $\omega_6 = 0$ ) обеспечивает вращение ведомого катка 2 в противоположную сторону относительно ведущего катка 1.

Передаточное число планетарной передачи по данной кинематической схеме находится в пределах  $0,67 < i < 0,25$  и определяется как:

$$i = \frac{Z_1}{Z_5}$$

где  $Z_1$  - число зубьев центрального коронного зубчатого колеса;  
 $Z_5$  - число зубьев солнечного зубчатого колеса.



**Рисунок 1 - Схема почвообрабатывающего катка:**

*а - вид спереди; б - вид сбоку; 1 - ведущий каток; 2 - ведомый каток; 3 - центральное коронное зубчатое колесо; 4 - сателлиты; 5 - солнечное зубчатое колесо; 6 - водило; 7 - ось; 8 и 9 - прутки; 10 - рабочие органы*

Механизм привода в конструкции почвообрабатывающего катка - мультипликатор. Ведомый каток 2 вращается с большей скоростью, чем ведущий 1, но во встречном направлении. Почвенная часть, которая находится под действием почвообрабатывающего катка, подвергается многократным ударам со стороны



упругих прутков ведомого катка 2. Встречное вращение ведущего катка 1 и ведомого катка 2 повышает силу удара по комочкам почвы и улучшает показатель крошения почвы.

На рисунке 2 показана рабочая модель почвообрабатывающего катка.



**Рисунок 2 - Рабочая модель почвообрабатывающего катка**

Передаточное число планетарного мультипликатора для рабочей модели почвообрабатывающего катка равно  $i = 0,4$  при  $Z_3 = 30nZ_5=12$ .

Конструкция данного почвообрабатывающего катка снижает энергозатраты при подготовке почвы к посеву, используя резервы механической передачи, а не энергию тракторного двигателя, что отличает каток от имеющихся.

Работа ведомого катка обеспечивает улучшение показателя крошения почвы за счет взаимодействия с почвой на меньшей глубине обработки, а также с почвой, находящейся между рабочими органами ведущего и ведомого катков, обеспечивая при этом уплотненный слой почвы на глубине заделки семян, прикрытый

рыхлой почвой, а также самоочищение поверхности ведущего катка от почвы и растительных остатков.

Особенности конструкции предлагаемого почвообрабатывающего катка позволяют обеспечить сплошную подготовку поверхности поля, обработанную на необходимую глубину с требуемым рыхлением и плотностью в условиях с повышенной влажностью почвы.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Дидманидзе, О. Н. Проектирование производственных процессов в растениеводстве с использованием компьютерных технологий / О. Н. Дидманидзе, О. П. Андреев, А. Н. Журилин. - Москва : ООО "УМЦ "Триада", 2018. - 150 с.

2. Дидманидзе, О. Н. Основы оптимального проектирования машинно-тракторных агрегатов / О. Н. Дидманидзе, Р. Н. Егоров. - Москва : Учебно-методический центр "Триада", 2017. - 230 с.

3. Авторское свидетельство № 1276270 А1 СССР, МПК А01В 29/04. Почвообрабатывающий каток : № 3909333 : заявл. 10.04.1985 : опубл. 15.12.1986 / Ю. А. Виноградов, Ю. В. Шутов, Ю. И. Матяшин [и др.] ; заявитель Научно-исследовательский и проектно-технологический институт жидких удобрений.

4. Пляка, В. И. Почвообрабатывающий каток для предпосевной обработки почвы / В. И. Пляка, А. И. Панов, С. М. Каткова // В сб. «Чтения академика В. Н. Болтинского». Москва, 25-26 января 2022 года. - С. 241-245 с.

5. Патент на полезную модель № 209650 U1 Российская Федерация, МПК А01В 29/04. Почвообрабатывающий каток : № 2021134659 : заявл. 26.11.2021 : опубл. 17.03.2022 / В. И. Пляка, С. М. Каткова, М. А. Мехедов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева».

6. Comparative tests of ridging cultivators with active and passive working tools / Andrey Panov, Maxim Mosyakov, Stepan Semichev, Valery Plyaka, Nikolay Lylin, Mikhail Mekhedov // E3S Web of Conferences. Сер. «International Scientific Conference «Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering, CONMECHYDRO 2021». - 2021. - С. 04017.

7. Патент на полезную модель № 211830 U1 Российская Федерация, МПК А01В 29/04, А01В 29/06. Почвообрабатывающий каток : № 2022105078 : заявл. 25.02.2022 : опубл. 24.06.2022 / В. И. Пляка, С. П. Казанцев, С. М. Каткова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева».

***Об авторах:***

**Пляка Валерий Иванович**, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук.

**Казанцев Сергей Павлович**, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук.

***About the authors:***

**Valery I. Plyaka**, Associate Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Engineering).

**Sergey P. Kazantsev**, Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), D.Sc. (Engineering).

**ЭФФЕКТИВНЫЙ ПУТЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ - СОЗДАНИЕ НОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА БАЗЕ ОСВОЕННЫХ АГРЕГАТОВ И КОМПОНЕНТОВ**

**А. С. Шкель**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

*Аннотация. Для реализации стратегий развития автомобильной промышленности, агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации требуются меры, направленные на развитие сегмента грузовых автомобилей, сохранение плодородия земель сельскохозяйственного назначения, рост обеспеченности сельскохозяйственных товаропроизводителей сельскохозяйственной техникой и оборудованием. Решение задачи по расширению функционала автомобилей, выпущенных на одной платформе, осуществляется за счет создания специализированных автомобилей сельскохозяйственного назначения, которые удовлетворяют агротехническим требованиям (давление на грунт, диапазон скоростей), но используя уже освоённую агрегатную базу.*

*Ключевые слова: специализированный транспорт, грузовой автомобиль сельскохозяйственного назначения, стратегия развития.*

**AN EFFECTIVE WAY TO ACHIEVE THE GOALS OF THE DEVELOPMENT OF THE AUTOMOTIVE INDUSTRY IS THE CREATION OF NEW AGRICULTURAL VEHICLES BASED ON THE MASTERED UNITS AND COMPONENTS**

**A. S. Shkel**

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

*Abstract. To implement strategies for the development of the automotive industry, agro-industrial and fisheries complexes of the Russian Federation, measures are required aimed at developing the segment of trucks, preserving the fertility of agricultural land, increasing the availability of agricultural producers with agricultural machinery and equipment. The solution to the problem of expanding the functionality of cars produced on the same platform is carried out by creating*

*specialized agricultural vehicles that meet agrotechnical requirements (ground pressure, speed range), but I use an already mastered aggregate base.*  
**Keywords:** *specialized transport, agricultural truck, development strategy.*

Проводя анализ стратегий развития двух важнейших отраслей народного хозяйства: распоряжение Правительства РФ от 28.12.2022 № 4261-р «О Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации до 2035 года» и распоряжение Правительства Российской Федерации от 8 сентября 2022 г. № 2567-р «Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года» (далее - Стратегия развития АПК) видим, что в качестве основного направления развития сегмента грузовых автомобилей, указывается создание локального производства 2...3 семейств автомобилей, способных обеспечить весь спектр потребностей российского бизнеса в сегменте грузовых автомобилей, а к государственным задачам, направленным на обеспечение продовольственной безопасности отнесены: сохранение, восстановление и повышение плодородия земель сельскохозяйственного назначения, рост обеспеченности сельскохозяйственных товаропроизводителей сельскохозяйственной техникой и оборудованием [1,2].

При этом, словосочетание «грузовой автомобиль» в Стратегии развития АПК не упоминается вообще. Тем самым на законодательном уровне исключается само понятие «грузовой автомобиль» из технологической цепочки производства сельскохозяйственной продукции, вследствие чего создаётся правовой вакуум для анализа ситуации по обеспеченности сельхозпроизводителя данным видом техники. В приказе Министерства сельского хозяйства РФ от 7 февраля 2020 г. № 50 «Об утверждении перечня (наименований) сельскохозяйственной техники, машин и оборудования, приобретаемых акционерным обществом «Росагролизинг», г. Москва, для передачи по договорам финансовой аренды (лизинга), заключаемым на льготных (специальных) условиях» грузовые автомобили в разделе «Сельскохозяйственная техника» тоже не значатся, и могут попасть только в раздел «Машины», в категорию «Машины дорожные универсальные».

Видимо поэтому, согласно данным национальных докладов в 2020 АО «Росагролизинг» на условиях финансовой аренды

(лизинга) поставило 1029 шт. автомобильной техники (всех видов техники - 9723 шт.), а в 2021 году - 1668 шт. (всех видов техники - 10168 шт.) [3,4].

Между тем, за последние 15 лет в нашей стране было предложено несколько вариантов комплексного решения задач по увеличению загрузки производственных мощностей автопроизводителей и поставщиков компонентов, путем увеличения количества автомобилей, выпускаемых на одной платформе. Кроме того, эти решения должны были сформировать нишу специализированных сельскохозяйственных автомобилей и сменных технологических надстроек, для выполнения различных технологических операций, на их базе. Причем потребность в таких автомобилях оценивается от 100 000 шт. в год [5]. Ниже представлен обзор только некоторых из таких проектов, в которых автор принимал личное участие, по состоянию на 2023 год [6].

Во ФГУП «НАМИ» в 2006-2008 годах начались работы по созданию семейства малогабаритных транспортных средств с широкими функциональными возможностями (МТС) для малых форм хозяйствования (КФХ и ЛПХ). На этапе формирования технического задания было установлено, что невыполнение агротехнических требований по давлению на грунт приводит к уплотнению почвы, разрушению ее структуры с образованием чрезмерного количества мелких частиц, снижению плодородия и, в итоге, к деградации почвы. Поэтому особое внимание следует уделить весовым параметрам разрабатываемых машин, диаметру и ширине профиля шин, параметрам распределения масс по осям и расположения центра тяжести. В процессе создания семейства МТС определенные для этих машин нормативные технические требования были использованы при разработке ГОСТ Р 54314-2011, который вступил в силу с 1 сентября 2011 года. Открытие производства новой линейки МТС на ОАО «Автоспецоборудование» (г. Великий Новгород) состоялось в июне 2009 г. По данным производителя, за период с 2009 по 2015 было выпущено более 500 единиц «Силантов». С 2022 году сборочное производство размещается в г. Чебоксары.

В рамках проведенных научных исследований было установлено, что семейство МТС может занять лишь часть рыночной ниши автомобилей сельскохозяйственного назначения, в том

числе высокой проходимости. Имеется насущная необходимость для создания и новой линейки специализированных грузовых автомобилей грузоподъемностью до 2 т и от 2 до 6 т. Совместные работы по практической реализации НИОКР были начаты в 2010 году следующими участниками: ОАО «Автомобильный завод «Урал» (ОАО «АЗ «Урал»), ФГБОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина» (МГАУ), ГНУ «Всероссийский институт механизации» Россельхозакадемии (ВИМ), ООО «Научно-исследовательский институт конструкций автомобилей» (ООО «НИНКА»), ООО «Автомобильный завод «ГАЗ» (ООО «АЗ «ГАЗ»).

Первым этапом была реализована работа по проведению исследований и созданию специализированного грузового автомобиля сельскохозяйственного назначения с колесной формулой 4x4 грузоподъемностью 5...6 т, с разработкой конструкторской документации и изготовлением опытного образца под условным названием «Проект 432ХХ». После постройки опытного образца ему был присвоен индекс Урал-432091. В ноябре 2012 года новый грузовой автомобиль Урал-432065 (при запуске в серию индекс Урал- 432091 изменен на Урал-432065) был собран на главном конвейере ОАО «Автомобильный завод «УРАЛ». В начале 2013 года руководство Группы ГАЗ приняло решение унифицировать кабину автомобиля «Газель Next» для всех грузовых автомобилей Группы, желательно без переделок, уменьшив или прекратив производство других кабин. Автомобиль Урал-432065 к тому моменту был выпущен в количестве не более двух десятков единиц, и серийный выпуск был прекращен [7].

Следующий этап создания техники для транспортировки мелкопартионных грузов, а также обеспечения межрайонных транспортных сообщений был реализован в проекте «Создание семейства грузовых автомобилей сельскохозяйственного назначения грузоподъемностью до 2 т, от 2 до 5 т», с разработкой конструкторской документации и изготовлением макетных ходовых образцов под условным обозначением 330ХХ, 331ХХ и 332ХХ, который велся в 2011 году. В ходе него, были созданы образцы новой продуктовой линейки грузовых автомобилей ГАЗ. В дальнейшем полученные результаты были внедрены в серийное производство на Автомобильном заводе «ГАЗ» в виде семейства автомобилей

«ГАЗон NEXT». Специалисты предприятия освоили производство новой кабины класса «NEXT», и агрегатный состав проекта был уточнен. Однако в ходе проведенной адаптации ряд агротехнических требований перестал выполняться (давление на грунт, проходимость).

Следующим этапом НИОКР, было расширения функционала данных автомобилей путем создания транспортно-технологических средств сельскохозяйственного назначения. В рамках выполнения НИОКР «Разработка и создание опытных образцов и проведение исследований технологических адаптеров на шасси нового семейства грузовых автомобилей грузоподъемностью 5..6 тонн» (Шифр «АВТ-12-020») были проведены исследования и созданы опытные образцы двух сменных технологических надстроек для внесения твердых минеральных удобрений и транспортировки и внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений [810]. На данный момент ввиду отсутствия на рынке специализированных автомобилей сельскохозяйственного назначения работы по созданию сменных технологических надстроек не ведутся.

Необходимо отметить, что доля оригинальных деталей в конструкции данных транспортных средств не превышала 20 %, тем самым расширяя функциональные возможности одной автомобильной платформы и увеличивая сбытовую нишу для уже освоенных агрегатов.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что проблема создания новых образцов техники, способных в кратчайшие сроки решить стратегические задачи развития автопрома, лежит не в технической, а в нормативно-правовой плоскости. Вследствие чего необходимо законодательно ввести понятие «грузовой автомобиль сельскохозяйственного назначения», закрепив за таким автомобилем требования как минимум в части оказываемой нагрузки на грунт.

Разработать и ввести в нормативно-правовые документы комплекс стимулирующих мер для предприятий АПК, использующих в своих технологических процессах данные автомобили сельскохозяйственного назначения.

Ввести в Стратегию развития АПК понятие «грузовой автомобиль сельскохозяйственного назначения» и оценивать



обеспеченность сельхозпроизводителей не только тракторами и комбайнами, но и грузовыми автомобилями.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Распоряжение Правительства РФ от 28.12.2022 N 4261-р «О Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации до 2035 года».

2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 8 сентября 2022 г. № 2567-р «Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года».

3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 июня 2021 г. № 1671-р «Об утверждении национального доклада о ходе и результатах реализации в 2020 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717 «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия».

4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 30 июня 2022 г. № 1751-р «Об утверждении национального доклада о ходе и результатах реализации в 2021 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717 «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия».

5. Некоторые аспекты создания специализированного транспорта сельскохозяйственного назначения / Д. А. Загарин, А. С. Шкель, М. А. Козловская, Т. Д. Дзюценидзе // Технология колесных и гусеничных машин - Technology of Wheeled and Tracked Machines. - 2015.-№6. - С. 6-12.

6. Специализированный автомобильный транспорт сельскохозяйственного назначения / Т. Д. Дзюценидзе, С. Н. Галкин, А. Г. Левшин, М. А. Козловская, В. Н. Сорокин, П. В. Середа. - М. : ООО «НИИКА», ЗАО «Металлургиздат», 2013.- 368 с.

7. Шкель, А. С. Новый вариант модернизации грузового автомобиля УРАЛ-432065 для транспортно-технологических комплексов / А. С. Шкель // Международный технико-экономический журнал. - 2021. - № 2. - С. 8397.

8. Шкель, А. С. Анализ отечественного и зарубежного опыта применения сменных технологических надстроек на базе шасси грузовых автомобилей сельскохозяйственного назначения / А. С. Шкель // Труды НАМИ. - 2016.-№264.-С. 116-131.

9. Пространственные несущие системы каркасной схемы для технологических надстроек сельскохозяйственного назначения / А. С. Шкель, Д. А. Загарин, М. А. Козловская, Т. Д. Дзоценидзе // Тракторы и сельхозмашины. - 2016.-№4.-С. 19-13.

10. Левшин, А. Г. Транспортно-технологический агрегат с использованием шасси грузового автомобиля Урал-432065 и модель оптимизации его параметров / А. Г. Левшин, В. П. Уваров, Н. А. Майстренко // Технология колесных и гусеничных машин - Technology of Wheeled and Tracked Machines. - 2014. - №1.-С. 25-34.

***Об авторе:***

**Шкель Андрей Сергеевич**, доцент ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук.

***About the author:***

**Andrey S. Shkel**, Associate Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering).

## ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ СФЕРЫ УТИЛИЗАЦИИ

**М. Ю. Конкин**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

*Аннотация. Поднята для рассмотрения проблема создания и функционирования предприятий по сбору, концентрации, хранению и подготовке к переработке отслуживших свой жизненный цикл и подлежащих утилизации транспортных средств и сельскохозяйственной техники.*

*Ключевые слова: инфраструктура сферы утилизации, ремонтно-обслуживающая база, предприятия первого уровня, утилизации машин и оборудования, рециклинг.*

## PROBLEMS OF CREATION OF THE INFRASTRUCTURE OF THE SPHERE OF RECYCLING

**M. Yu. Konkin**

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

***Abstract.** The problem of the creation and functioning of enterprises for the collection, concentration, storage and preparation for processing of vehicles and agricultural machinery that have served their life cycle and are subject to disposal is raised for consideration.*

***Keywords:** recycling infrastructure, repair and maintenance base, first-level enterprises, recycling of machinery and equipment, recycling.*

Материально-техническое обеспечение процесса утилизации связано с созданием развитой инфраструктуры в виде сети утилизирующих предприятий, железнодорожных и автотранспортных подъездных путей, средств погрузки и разгрузки объектов утилизации и их фрагментов, линий электропередач, водоснабжения, очистных сооружений. Создается совершенно новая инфраструктура, в которой к предприятиям и другим субъектам, эксплуатирующим технические средства и сталкивающимися с необходимостью утилизации полнокомплектных машин и их отдельных

сборочных единиц и деталей, добавляются предприятия, осуществляющие движение отработавших ресурсов по согласованным технологиям.

Для утилизации сельскохозяйственной техники и других транспортных средств имеется возможность использования имеющихся предприятий ремонтно-обслуживающей базы АПК без чрезмерных затрат на формирование капиталоемкой структуры средств индустриальной утилизации. Предприятия ремонтно-обслуживающей базы АПК в достаточной мере располагают такими элементами инфраструктуры, как электрообеспечение, водоснабжение, транспортные сети, складские помещения.

Ремонтно-технические предприятия районного уровня не являются крупными, но они в значительной мере отвечают таким требованиям как организация сбора ремонтного фонда и машин, выработавших свой ресурс. С этих позиций предприятия районного уровня могут быть задействованы в общем процессе утилизации в кооперации с крупными специализированными мастерскими и ремонтными заводами, составляя с ними единый совокупный комплекс, образующий значительную часть инфраструктуры. Отсюда вытекают основные направления формирования инфраструктуры системы предприятий по утилизации техники, а именно: совокупность предприятий по утилизации технических средств производства может быть построена:

- на основе создания крупных индустриальных комплексов со специализированными технологиями по концентрации и переработке материалов, входящих в конструкцию машины;

- по аналогии формирования ремонтно-обслуживающей базы АПК;

- по принципу кооперирования специализированных предприятий, обеспечивающих в совокупности переработку и утилизацию материальных компонентов, утилизируемых объектов с предприятиями технического сервиса.

Для современного периода начала становления цивилизованной утилизации техники АПК приоритетное положение сохраняется за сетью предприятий ремонтно-обслуживающей базы, дополненной крупными специализированными предприятиями по переработке материалов, входящих в конструкцию машины.

Процесс утилизации начинается со сбора и концентрации объектов утилизации - полнокомплектных машин и их материальных компонентов. Предприятия имеют производственный опыт, располагают соответствующим технологическим оборудованием и другими средствами для выполнения работ **первого уровня процесса утилизации** (сбора машин и их материальных компонентов, предназначенных для рециклинга, транспортировки на предприятия, осуществляющие начальный этап утилизации - очистку и мойку, с последующей разборкой машин на сборочные единицы, агрегаты и их дефектации). Разборочно-сборочные работы и работы по очистке и мойке машин и их сборочных единиц, деталей в достаточной мере изучены, обеспечены технической документацией и соответствующим оборудованием. Разработаны и изготавливаются машины и оборудование для очистки и мойки машин и деталей, робото-технологические моечно-сушильные комплексы, стенды для разборки и сборки агрегатов.

Некоторые установки и оборудование могут быть приспособлены для выполнения работ по концентрации сопутствующих ресурсов, сопряженных с использованием машин. Так, стационарные и передвижные маслоочистительные установки могут быть приспособлены для осушки картеров от отработавшего масла с целью его последующей переработки. При этом выполняются две задачи: сбор отработавших масел и осушка картера как обязательное условие подготовки машины к последующим операциям (разборке, фрагментации, прессованию металлических компонентов).

**Предприятия второго уровня**, к которому относятся специализированные ремонтные мастерские, ремонтные, ремонтно-механические заводы ремонтно-обслуживающей базы АПК, могут быть загружены такими работами по утилизации фрагментов машин, как разборка, очистка, многостадийная мойка сборочных единиц, деталей, их дефектация, сортирование по видам материальных компонентов и отправка сырья для дальнейшей переработки на специализированные заводы. Эти предприятия оснащены технологическим оборудованием, но имеют крайне низкий уровень его использования из-за отсутствия ремонтного фонда. Работы по утилизации машин и оборудования соответствуют профилю этих предприятий и позволяют повысить эффективность использования их производственной мощности.

**Предприятия третьего уровня** не входят в состав ремонтно-обслуживающей базы сельского хозяйства. Это крупные заводы-центры, специализирующиеся на утилизации отдельных материальных компонентов. К таким предприятиям относятся заводы по переработке автомобильных и тракторных шин, масел, пластмасс, аккумуляторных батарей, предприятия по брикетированию металлических компонентов машин для последующей передачи сырья на металлургические заводы.

Выстроенная цепочка предприятий, связанных общей целью - утилизацией технических средств производства, определяет основу инфраструктуры сферы утилизации. Конкретные элементы этой сферы должны уточняться и дополняться в зависимости от региональных условий недостающими элементами, например, приобретением технологического оборудования, строительством подъездных путей или линий электропередач, очистных сооружений.

Создаваемая инфраструктура сферы утилизации должна отражать региональные аспекты, такие как, насыщенность автомобильным транспортом (для городов), плотность размещения технических средств производства по территории, наличие используемых производственных мощностей, транспортное обеспечение.

Рациональная инфраструктура сферы утилизации технических средств производства должна разрабатываться по регионам на основе федеральных нормативно-правовых актов и технических нормативов, определяющих природоохранные меры, длительности жизненного цикла машин и составляющих её сборочных единиц.

Можно сделать следующие выводы:

Финишные технологические операции по утилизации различных составных компонентов технических средств должны обеспечивать выполнение технических условий на производство вторичных ресурсов. Наиболее целесообразно организовывать производство вторичных ресурсов на крупных специализированных предприятиях. Для этого следует использовать резервные мощности заводов, превращая эти предприятия в специализированные. По мере накопления опыта надо использовать специализированные заводы-центры, мощности которых определяются

объемами выбытия технических средств, предназначенных для рециклинга.

Поставка сырья на специализированные заводы-центры должна осуществляться от предприятий районного уровня, которые посредством выездных бригад проводят заготовку техники, предназначенной для утилизации, выполняют операции очистки и мойки машин и её фрагментов, разборки или резки без нарушений ремонтпригодности сборочных единиц и деталей в процессе предварительной утилизации и подготовки к передаче их потребителю. В системе ремонтно-обслуживающей базы АПК предприятиями, на которых можно выполнять эти технологические операции, являются районные и межрайонные ремонтно-технические станции, станции технического обслуживания автомобилей и тракторов, предприятия технического сервиса.

Завершающим условием создания инфраструктуры сферы утилизации является взаимовыгодная экономическая заинтересованность всех участников сферы утилизации в рациональной подготовке и продвижении утилизируемого объекта или его фрагментов с мест поступления машин на утилизацию по всей технологической цепочке вплоть до потребителя вторичных ресурсов. Такая вертикальная интеграция достигается за счет паритетных цен на передаваемые ресурсы. Одинаковый процент прибыли на вложенный капитал может служить критерием установления связей между предприятиями, занятыми утилизацией техники.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Лачуга, Ю. Ф. Ресурсосберегающая направленность технической политики в сельском хозяйстве / Ю. Ф. Лачуга, М. Ю. Конкин // Техника в сельском хозяйстве. - 2008. - № 1. - С. 1-7.
2. Эксплуатация, ремонт, хранение и утилизация шин автотранспортных средств / Е. А. Пучин, В. М. Корнеев, М. Ю. Конкин [и др.]. - М. : ООО «Издательство «Триада», 2005. - 117 с.
3. Дидманидзе, О. Н. Структура парка выбывших из эксплуатации автомобилей. Проблемы и перспективы утилизации / О. Н. Дидманидзе, Г. Е. Митягин, В. В. Кулдошина // Международный научный журнал. - 2008. - № 4. - С. 27-31.
4. Конкин, М. Ю. Формирование инфраструктуры утилизации транспортных средств / М. Ю. Конкин // Международный технико-экономический журнал. - 2016. - №5. - С. 70-73.

5. Дидманидзе, О. Н. Теоретические основы проектирования предприятий утилизации автотракторной техники / О. Н. Дидманидзе, Г. Е. Митягин. - М. : ООО «Триада», 2014. - 175 с. - ISBN 978-5-9546-0094-0.

6. Дидманидзе, О. Н. Выбор стратегий сбора и транспортировки техники на утилизацию / О. Н. Дидманидзе, Н. В. Алдошин // Международный технико-экономический журнал. - 2010. - №5. - С. 76-81.

7. Конкин, М. Ю. Проблемы создания инфраструктура сферы утилизации / М. Ю. Конкин // Труды ГОСНИТИ. - 2016. - Т. 125. - С. 153-155.

8. Пуляев, Н. Н. Направления развития сельскохозяйственных тракторов / Н. Н. Пуляев, Д. Г. Асадов, А. И. Сучков // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар, Москва, 20-21 января 2021 года. - М. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. - С. 88-94.

***Об авторе:***

**Конкин Михаил Юрьевич**, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук.

***About the author:***

**Mikhail Yu. Konkin**, Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), D.Sc. (Engineering).



## СЕЯЛКА ДЛЯ ПОСЕВА ГАЗОННЫХ ТРАВ

**В. И. Пляка, С. М. Каткова, В. М. Катков**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

*Аннотация. Рассмотрены вопросы, связанные с посевом трав на приусадебных участках. Разработана и исполнена экспериментальная сеялка, оснащенная высевающим аппаратом катушечного типа, способная производить равномерный высев как при прямолинейном, так и при криволинейном движении. Выявлена зависимость показателя неравномерности высева между аппаратами и скоростью движения сеялки.*

*Ключевые слова: сеялка, высевающий аппарат, катушка, показатель неравномерности высева между аппаратами, скорость сеялки.*

## SEED DRILL FOR SOWING LAWN GRASS

**V. I. Plyaka, S. M. Katkova, V. M. Katkov**

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

**Abstract:** *The issues related to the sowing of grasses on household plots are considered. An experimental seeder equipped with a coil-type seeding units capable of producing uniform seeding both with rectilinear and curvilinear motion has been developed and executed. The dependence of the indicator of uneven seeding between the units and the speed of the drill is revealed.*

**Keywords:** *seed drill, seeding unit, reel, inter-unit non-uniformity index, speed of the drill.*

При движении посевного агрегата по приусадебным участкам со сложной конфигурацией при посеве газонов требуется, чтобы сеялка двигалась не только по прямолинейной, но и по криволинейной траектории, позволяющей огибать возможные препятствия, сохраняя при этом качественные показатели посева [1-3]. Необходимо, чтобы сеялка осуществляла равномерный высев, как при прямолинейном, так и при криволинейном движении [4]. Для равномерного высева при движении сеялки по криволинейной траектории, требуется чтобы на почву поступало различное количество семян от катушек,двигающихся по различным радиусам и с

различной скоростью. Цель исследования - проверка показателей неравномерности высева между аппаратами при различной скорости движения сеялки.

Характеристика экспериментальной сеялки СВ-0,9 представлена в таблице 1 [5].

**Таблица 1 - Характеристики экспериментальной сеялки**

Наименование	Параметры
Ширина захвата, м	0,9
Расстояние от высевающего аппарата до поверхности поля, м	0,2
Объем бункера, м <sup>3</sup>	0,04
Диаметр опорно-приводного колеса, м	0,5
Норма высева, кг/100 м <sup>2</sup>	3-5
Длина катушки, мм	75
Диаметр катушки, мм	34
Количество валов высевающего аппарата, шт.	2
Количество катушек на одном валу, шт.	12
Наименьшее число желобков на катушке, шт.	1
Наибольшее число желобков на катушке, шт.	12
Материал для изготовления катушек	Пластик АБС

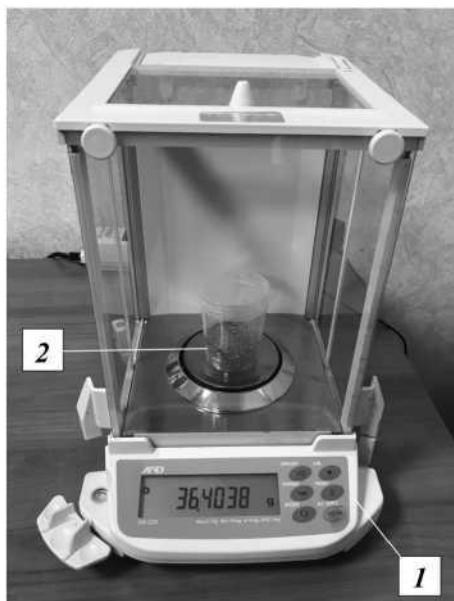
Стендовые испытания экспериментальной сеялки проводили на семенах травосмеси «Спортивная». Технологические свойства семян при стендовых испытаниях представлены в таблице 2.

**Таблица 2 - Характеристика высеваемого материала**

№ п/п	Наименование показателя	Травосмесь «Спортивная»
1	Состав	1. Тимофеевкालуговая-30% 2. Овсяница луговая - 30 % 3. Райграсмноголетний - 20 % 4. Овсяницакрасная-10 % 5. Мятлик луговой -10%
2	Чистота семян, %	95,63
3	Влажность семян, %	12,45
4	Масса 1000 семян, г	1. 0,72 2. 0,6 3. 2,0 4. 0,67 5. 0,25
5	Всхожесть семян, %	86,2

При проведении опытов по проверке качества работы высевающего аппарата число оборотов опорно-приводных колес подбирали из расчета засева площади  $S = 30 \text{ м}^2$  при норме высева  $3,1 \text{ кг}/100 \text{ м}^2$ [6].

После каждого опыта пробы семян взвешивались на электронных аналитических весах AND GR-200 (рисунок 1).

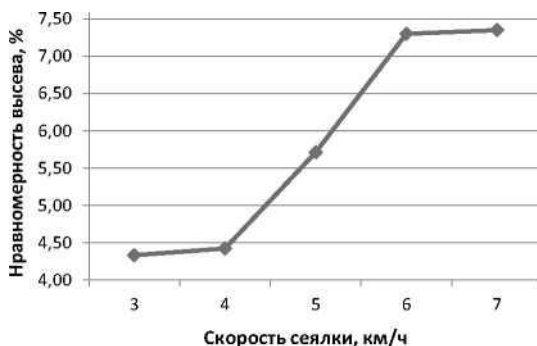


**Рисунок 1 - Весы электронные аналитические AND GR-200:**

*1 — весы; 2 — колба*

Графическое отображение результатов исследований по определению показателей неравномерности высева между аппаратами при различной скорости движения сеялки представлены на рисунке 2.

Представленная графическая зависимость показывает, что неравномерность высева между аппаратами возрастает с увеличением скорости сеялки. Показатель неравномерности высева между аппаратами при работе сеялки с семенами травосмеси «Спортивная» возрастает с 4,33 % до 7,35 % с увеличением скорости сеялки с 3 км/ч до 7 км/ч.



**Рисунок 2 - Графическая зависимость неравномерности высева между аппаратами от скорости сеялки**

### Выводы.

1. По результатам стендовых испытаний экспериментальной сеялки СВ-0,9 установлено, что неравномерность высева между аппаратами возрастает с увеличением скорости сеялки, но укладывается в допустимый показатель 8 %.

2. Так как экспериментальная сеялка изначально задумывалась, как ручное орудие, то результаты эксперимента подтверждают, что наилучшие показатели по неравномерности высева между аппаратами соответствуют скорости движения пешехода.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дидманидзе, О. Н. Проектирование производственных процессов в растениеводстве с использованием компьютерных технологий / О. Н. Дидманидзе, О. П. Андреев, А. Н. Журилин. - М. : ООО «УМЦ «Триада», 2018. - 150 с.

2. Моделирование и оптимизация технологических процессов в растениеводстве : Практикум для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 110800 - Агроинженерия / А. Н. Скороходов, А. Г. Левшин, В. П. Уваров, Р. Н. Дидманидзе. Том Часть 2. - М. : Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева, 2013.- 145 с.

3. Seed drill used on complex configuration fields / V. I. Plyaka, N. A. Sergeeva, A .I. Panov, N. A. Yakovleva // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. - 2020. - 941. - 012041.

4. Авторское свидетельство № 1299533 А1 СССР, МПК А01С 7/16. Высевающая система сеялки : № 3956012 : заявл. 31.07.1985 : опубл. 30.03.1987 / В. И. Пляка, Ю. А. Виноградов ; заявитель ЦЕНТРАЛЬНАЯ МАШИНОИСПЫТАТЕЛЬНАЯ СТАНЦИЯ.

5. Патент на полезную модель № 210275 U1 Российская Федерация, МПК А01С 7/12. Устройство для высева семян : № 2021132823 : заявл. 11.11.2021 : опубл. 05.04.2022 / В. И. Пляка, С. М. Каткова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева».

6. Пляка, В. И. Стендовые испытания экспериментальной сеялки для посева газонных трав / В. И. Пляка, С. М. Каткова, Н. А. Сергеева // Агроинженерия. - 2022. - Т. 24. -№ 5.- С. 24-29.

#### ***Об авторах:***

**Пляка Валерий Иванович**, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, plyaka@rgau-msha.ru.

**Каткова Софья Михайловна**, инженер, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

**Катков Владислав Михайлович**, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

#### ***About the authors:***

**Valery I. Plyaka**, Associate Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), plyaka@rgau-msha.ru.

**Sofya M. Katkova**, engineer, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

**Vladislav M. Katkov**, graduate student, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

## **ЗАЩИТА ТОНКОЛИСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

**А. М. Пикина**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

*Аннотация. Актуальной проблемой обеспечения коррозионно-усталостной прочности тонколистовых конструкций и элементов крепления, и как следствие, обеспечение сохранности сельскохозяйственной техники при длительном хранении является применение защитных материалов для лакокрасочного покрытия.*

*Большая часть применяемых в сельском хозяйстве защитных составов и средств для наружной консервации не отвечают требованиям. Для защиты лакокрасочного покрытия большой интерес представляют микровосковые составы на водной основе. Микровосковый состав не токсичен, пожаро-взрывобезопасен, образует сплошное пластичное восковое покрытие, не требует расконсервации техники.*

*В настоящее время из-за сложности производства микровоскового состава (получение водно-восковой дисперсии), многокомпонентной рецептуры, а также отсутствие эффективных ингибиторов, защитный состав обладает низкой коллоидной стабильностью, малым защитным эффектом и высокой стоимостью.*

*Ключевые слова: новые материалы, климатические факторы, атмосферная коррозия, водно-восковой состав.*

## **PROTECTION OF THIN-SHEET STRUCTURES OF AGRICULTURAL MACHINERY FROM THE EFFECTS OF CLIMATIC FACTORS**

**A. M. Pikina**

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

*Abstract. The actual problem of ensuring the corrosion-fatigue strength of thin-sheet structures and fastening elements and, as a consequence, ensuring the preservation of ARP during long-term storage is the use of protective materials for paint coating.*

*Most of the protective compositions and means for external preservation used in agriculture do not meet the requirements. Water-based micro-wax compositions are of great interest for paintwork protection. Micro-wax composition is non-toxic, fire and explosion-proof, forms a continuous plastic wax coating, and does not require de-conservation of equipment.*

*Currently, due to the complexity of micro-wax composition production (obtaining water-wax dispersion), multi-component formulation, as well as the lack of effective inhibitors, the protective composition has low colloidal stability, low protective effect and high cost.*

**Keywords:** *new materials, climatic factors, atmospheric corrosion, water-wax composition.*

На практике самой существенной проблемой при разработке технологии получения водно-восковых защитных составов является выбор эффективного диспергирующего устройства. Диспергирующее устройство должно обеспечить стабильность получаемому составу.

Одним из основных требований к водно-восковым составам (ВВС) является их высокая стабильность физико-химических свойств, что позволяет обеспечить отсутствие седиментации при хранении в течение длительного срока.

Существующие методы диспергирования выполняются в два этапа:

- получение грубодисперсных систем с использованием перемешивающих устройств;
- гомогенизация грубодиспергируемой системы с использованием гомогенизаторов.

В работе предложена новая технология получения тонкодисперсного ВВС с использованием поверхностно-активного вещества (ПАВ). Для реализации технологии получения ВВС, была разработана пилотная установка, схема которой представлена на рисунке 1.

При синтезе применяют масла и жиры. Они представляют собой триглицериды преимущественно неразветвленных одноосновных жирных кислот. В состав триглицеридов могут входить остатки одинаковых или различных жирных кислот, содержащих обычно 18 (реже 16) атомов углерода и отличающихся по числу и положению двойных связей (изолированные или сопряженные).



**Рисунок 1 - Пилотная установка для получения ПАВ**

Выбор компонентов для ВВС.

В настоящее время выпускается ряд церезинов, представляющих собой продукт переработки нефти.

Учитывая требования к ВВС при консервации сельскохозяйственной техники (СХТ), хранящейся на открытых площадках, наибольший практический интерес представляет церезин 80Н (ТУ 38.101507-79). Церезин марки 80Н имеет высокую температуру плавления и каплепадения, а также низкую пенетрацию.

При разработке ВВС для защиты СХТ от коррозии в композицию добавляют ингибиторы коррозии для повышения защитной эффективности.

На практике имеет место применение ингибитора АКОР-1. В разрабатываемой рецептуре роль ингибитора выполняет ПАВ (амиды жирных кислот), который также является эмульгатором.

Технология получения ПАВ заключается в следующем:

- в реактор загружают триглицерид (растительное масло или животный жир), диэтаноламин и борную кислоту, взятые в массовом соотношении 65:21:14;

- при совместном нагревании реагентов до 150 °С происходит процесс конденсации между борной кислотой и гидроксильными группами молекул диэтанолamina, а также параллельно происходит гидролиз триглицерида. В результате гидролиза триглицерида в реакторе образуются жирные кислоты, которые при



температуре 180 °С вступают в реакцию с гидроксильной группой с аминной группой диэтаноламина образуя амид жирной кислоты.

Оптимизация состава ВВС была проведена по результатам ускоренных лабораторных испытаний по ГОСТ 9.054 - Единая система защиты от коррозии и старения. Консервационные масла, смазки и ингибированные пленкообразующие нефтяные составы. Методы ускоренных испытаний защитной способности. А также натуральных в условиях ТЦ СРВ.

Для проведения комплексных исследований по оценке защитных свойств покрытий ВВС металлических поверхностей и лакокрасочных пленок были выбраны образцы с различным содержанием компонентов. Результаты исследований представлены в таблице 1.

**Таблица 1 - Защитные свойства ВВС**

Номер образца	Компоненты в составе ВВС, %	Толщина покрытия, мкм	Коррозионное поражение поверхности, %		
			Камера влажности, циклов	Морская вода, 60 ч	Натурные испытания, 12 мес.
	Контрольный образец	-	100	100 "30"	100 ЛГ
1	Церезин - 10 Уайт-спирит - 10 ПАВ-5 H <sub>2</sub> O - 75	12,3* 13,1	20 V	80 10	30 Г
2	Церезин - 20 Уайт-спирит - 20 ПАВ-5 H <sub>2</sub> O - 55	19,4* 21,7	5 0	20 Г	15 V
3	Церезин - 20 Уайт-спирит - 20 ПАВ - 10 H <sub>2</sub> O - 50	21,6* 22,5	0 0	10 V	5 0

\* - числитель металлическая поверхность, знаменатель поверхность ЛКП.

Результаты ускоренных лабораторных и натуральных испытаний показали, что оптимальным составом является образец за номером три. Содержание церезина в составе 20 % обеспечивает формирование более толстой пленки на поверхности. Увеличение

ПАВ в составе приводит к увеличению эластичности пленки и влияет на антикоррозионные свойства так, как кроме функции эмульгатора является ингибитором коррозии.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Гайдар, С. М. Теория и практика создания ингибиторов атмосферной коррозии / С. М. Гайдар, Р. К. Низамов, С. А. Гурьянов, М. И. Голубев // Техника и оборудование для села. - 2012. - №4. - С. 8-10.

2. Гайдар, С. М. Обеспечение износостойкости узлов трения / С. М. Гайдар, Е. А. Петровская // В сб.: Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России : сборник статей Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященная 65-летию ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА. - 2016. - С. 99-102.

3. Гайдар, С. М. Ингибированные составы для хранения сельскохозяйственной техники / С. М. Гайдар, А. С. Кононенко // Техника в сельском хозяйстве. - 2011. - №3. - С. 21-22.

4. Гайдар, С. М. Исследование влияния наноструктурирования поверхностей трибосопряжений на эксплуатационные характеристики двигателей / М. Ю. Карелина, С. М. Гайдар, А. В. Пыдрин // Грузовик. - 2015. - № 2. - С. 29-37.

5. Гайдар, С. М. Полифункциональные ингибиторы биокоррозии - эффективное средство повышения сохраняемости машин в животноводстве / С. М. Гайдар, Л. Ю. Дёмина, А. Л. Дмитриевский, Е. А. Петровская // Техника и оборудование для села. - 2014. - №4. - С. 26-29.

6. Гайдар, С. М. Модификация консистентных смазок с использованием нанотехнологии / С. М. Гайдар // Техника в сельском хозяйстве. - 2010, - №2. - С. 38-40.

7. Гайдар, С. М. Инновационное техническое средство для нанесения защитной молекулярной пленки на поверхность машин / С. М. Гайдар, М. Ю. Карелина // Техника и оборудование для села. - 2015. - № 3. - С. 2628.

8. Гайдар, С. М. Адсорбция фтор-ПАВ и ее влияние на смазку трибосопряжений в условиях граничного и гидродинамического трения / С. М. Гайдар, А. А. Волков, М. Ю. Карелина // Труды ГОСНИТИ. - 2015. - Т. 118. - С. 113-124.

9. Гайдар, С. М. Адгезионная прочность герметиков и нанокomпозиций на их основе / А. С. Кононенко, С. М. Гайдар // Ремонт. Восстановление. Модернизация. - 2011. - № 6. - С. 38-42.

10. Пикина, А. М. Влияние внутренних и внешних факторов на коррозионно-механическое изнашивание деталей топливной системы / И. А. Посунько, А. М. Пикина // В сб: Материалы международной научной

конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 160-летию В. А. Михельсона. - 2020. - С. 339-344.

11. Патент на полезную модель № 206682 U1 Российская Федерация, МПК F01M 9/02. Устройство для обогащения масла системы смазки легирующим элементом цветного металла : № 2021115224 : заявл. 27.05.2021 : опубл. 22.09.2021 / С. М. Гайдар, Н. А. Ф. Наджи, В. Е. Коноплев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева».

12. Патент № 2767942 С1 Российская Федерация, МПК C23F 11/00. Маслорастворимый ингибитор коррозии : № 2021121318 : заявл. 19.07.2021 : опубл. 22.03.2022 / С. М. Гайдар, В. Е. Коноплев, О. Н. Дидманидзе [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева».

13. Гайдар, С. М. Исследование синергетического эффекта контактных ингибиторов анодного и катодного действия при защите стали от коррозии / С. М. Гайдар, В. Е. Коноплев, Д. И. Петровский, И. А. Посулько, А. М. Пикина//Коррозия: материалы, защита. -2021. -№ 12. -С. 10-14.

14. Пикина, А. М. Повышение долговечности тонколистовых конструкций, разъемных и неразъемных соединений сельскохозяйственной техники в условиях эксплуатации : дисс. ... канд. техн. наук : 4.3.1 / Пикина Анна Михайловна. - Москва, 2022. - 176с.

15. Гайдар, С. М. Прогнозирование трещино-износных характеристик трибосистем с использованием физического моделирования контактного взаимодействия подвижных соединений / С. М. Гайдар, А. Б. Лагузин, А. Г. Пастухов, А. М. Пикина // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. -2021.-№2(30).-С. 98-107.

#### ***Об авторе:***

**Пикина Анна Михайловна**, ассистент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), pikina@rgau-msha.ru.

#### ***About the author:***

**Anna M. Pikina**, assistant, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), pikina@rgau-msha.ru.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПОРОШКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ХИМИЧЕСКИМ ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ ЛЕГИРОВАННЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

**Т. И. Валькова, А. М. Пикина, А. К. Шустова**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

*Аннотация. В работе приведены результаты электронно-микроскопических и рентгенофазовых исследований порошка с наноразмерными частицами, полученного методом химического диспергирования алюминиево-ванадиевого сплава.*

*Ключевые слова: наноразмерные порошки, химическое диспергирование, сплавы алюминий-ванадий, электронно-микроскопическая структура.*

## RESEARCH OF NANOSCALE POWDERS OBTAINED BY CHEMICAL DISPERSION OF ALLOYED ALUMINUM ALLOYS

**T. I. Balkova, A. M. Pikina, A. K. Shustova**

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

***Abstract.** The paper presents the results of electron microscopic and X-ray phase studies of a powder with nanoscale particles obtained by chemical dispersion of an aluminum-vanadium alloy.*

***Keywords:** nanoscale powders, chemical dispersion, aluminum-vanadium alloys, electron microscopic structure.*

Керамика на основе оксида алюминия благодаря уникальному сочетанию физико-механических свойств имеет широкий спектр применения. Преимуществами использования данного материала в технике являются высокие показатели твердости, износостойкости, диэлектрических свойств, способность к эксплуатации в условиях воздействия высоких температур и коррозионноактивных сред.

Однако керамика является хрупким материалом, ее применению зачастую препятствуют сложность формирования

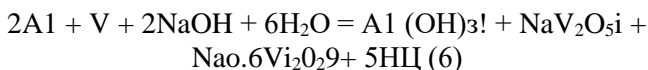
однородной бездефектной структуры, низкое сопротивление распространению трещин. Поэтому для достижения высоких физико-механических свойств необходим поиск новых подходов к получению исходных компонентов керамики и технологических решений для компактирования и спекания компонентов [1].

Значительное улучшение свойств керамики обеспечивается формированием мелкозернистой высокопрочной структуры материала. Перспективным в этом плане является применение наноразмерных порошков, необычные свойства которых, обусловленные наличием избыточной поверхностной энергии, могут быть эффективно использованы в технологических процессах [2-4].

Целью работы являлось отработка технологии получения наноразмерных порошков оксида алюминия с легирующими элементами, равномерно распределенными в объеме, и исследование их структуры и фазового состава до и после термической обработки.

#### **Объекты исследования.**

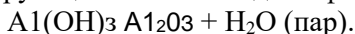
Сплав Al-V (12 % масс.) подвергали воздействию щелочи. В основе процесса химического диспергирования сплава лежит реакция:



Продуктами этой реакции являются: смесь гидроксида алюминия с ванадатом натрия, выделяющаяся в виде осадка, раствор ванадата натрия и водород. Состав осадка был установлен методом рентгенофазового анализа.

Полученный осадок состоит из мелких частиц в виде агломератов, которые быстро осаждались в щелочной среде. Осадок подвергался декантации, которая заключается в сливании раствора с осадка, далее осадок осаждался и воду с ионами натрия переливали в другую емкость. Процесс необходим для уменьшения pH среды.

Осадок промывали (0...18 декантаций), высушивали при 60 °С, термообработывали на воздухе (1250 °С с выдержкой 1 час) до образования доминирующей алюмооксидной фазы:



Электронно-микроскопические исследования структуры полученных осадков до и после термообработки проводили на

сканирующем электронном микроскопе модели АВТ-55 производства японской фирмы «AKASHI». Основные технические данные прибора: разрешающая способность - 45 ангстрем; диапазон увеличений от 10 до 150000.

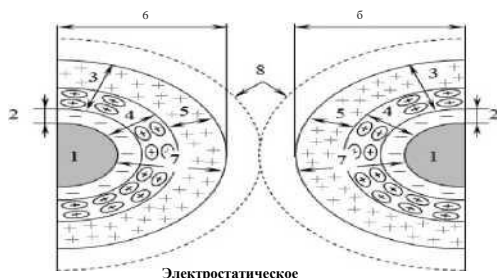
Фазовый состав всех порошков определяли по дифракционной картине рентгеновского излучения на поликристаллическом порошке. Съёмку дифрактограмм проводили на приборе D2 PHASER фирмы Bruker, излучение  $\text{CuK}\alpha$ , фильтр - Ni, с графитовым монохроматором ( $\lambda = 1,54178 \text{ \AA}$ ). Режим трубки (Cu) 10 mA, 30 kV. Диапазон значений угла  $2\theta$  - от 10 до  $100^\circ$ , шаг  $0,02^\circ$ , щель 0,6 мм, выдержка в точке - 1 сек, дискриминатор по энергиям - 0,17-0,23 кэВ. Расшифровку спектра и расчёт фазового состава осуществляли с помощью библиотеки JCPDS-ICDD с использованием специализированного программного обеспечения (пакет рентгеноструктурного анализа Topas). Поиск кристаллических фаз в базе данных проводили, исходя из наличия в образце следующих элементов: Al, (V, Zr, Mo), O, Mg, Ca, Na, C, H (предварительно элементный состав определяли с помощью электронного микронзондового анализа).

### **Результаты исследования.**

Особенностью процесса отмывки осадка является неизменность показателя pH среды после 12-ой декантации, что связано с невозможностью удаления ионного слоя (рисунок 1), состоящего из гидроксильных групп  $\text{OH}^-$ , с поверхности частиц осадка, обладающих повышенной адсорбционной способностью.

Количество гидроксильных групп (их концентрация) в составе ионного слоя связано со степенью дисперсности частиц осадка: чем выше дисперсность частиц, тем больше концентрация гидроксильных групп. По-видимому, удаление рассматриваемого ионного слоя возможно только химическим методом, например, путем кислотной отмывки. Однако, при этом, следует ожидать изменения фазового состава спеченного материала.

Вид порошка после химического диспергирования до термообработки и после представлен на рисунке 2.



**Рисунок 1 - Схематическое изображение структуры отмываемого осадка (суспензии):**

*1 - частицы осадка; 2 - ионный слой, состоящий из гидроксильных групп OH; 3 - противоионный слой, состоящий из ионов Na<sup>+</sup>; 4 - адсорбционный слой; 5 - диффузный слой; 6 - мицелла (ионогенный комплекс); 7 - двойной электрический слой; 8 - электростатическое отталкивание мицелл (область между пунктирной и сплошной линией иллюстрирует смещение мицелл в результате электростатического отталкивания)*



а



б

**Рисунок 2 - Исходный вид порошка после химического диспергирования А1-V (а) и после термической термообработки при 1250 °C с выдержкой 1 час (б)**

Рентгенофазовый (РФА) анализ порошков до термообработки показывает, что они состоят из гидроксидов алюминия, а легирующий элемент отсутствует в фазовом составе. Это объясняется наличием рентгеноаморфной фазы, которую не идентифицирует РФА.

Порошковая проба после термообработки представлена большим количеством корунда (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) до 60 % и 27 % оксида алюминия (Al<sub>2</sub>.144O<sub>3</sub>.2), что соответствует химическим реакциям. Также после термообработки появляется определенное количество оксида ванадия (рисунок 3).

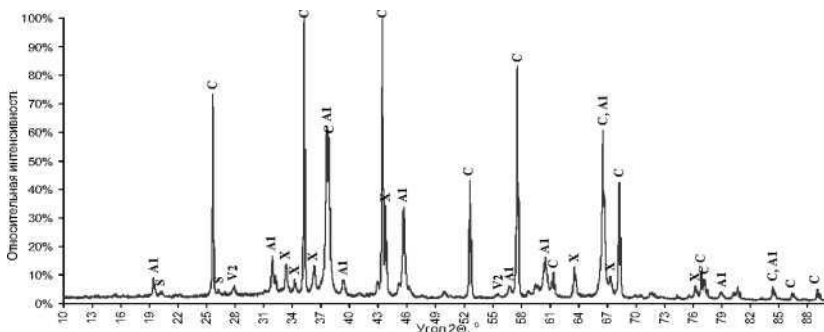


Рисунок 3 - Дифрактограмма порошка Al-V после термообработки

Для структуры исходных порошков Al-V характерно наличие частиц преимущественно сферической формой и распределение по размерам с положительной асимметрией в область микронных размеров (рисунок 4а).

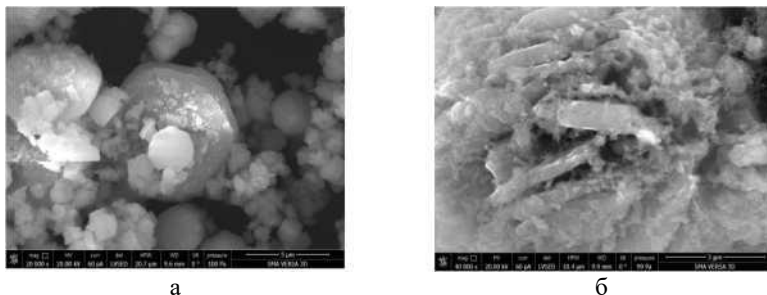


Рисунок 4 - Структура порошка до (а) и после термообработки 1250 °С (б)

После термообработки порошка при 1250 °С появляются частицы игольчатой формы размером от менее 0,1 мкм до 8 мкм в длину, кроме того, наблюдаются агрегаты, образующие «ежики» различных размеров.

### Выводы.

1. Опробована технология получения методом химического диспергирования сплава Al-V наноразмерных порошков.
2. Проведенные исследования структуры и фазового состава показали перспективность использования метода для получения исходных компонентов керамики.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Химическая технология керамики // под ред. И. Я. Гузмана. - М. : ООО РИФ Стройматериалы, 2003. - 493 с.
2. Гайдар, С. М. Исследование коррозионных свойств модельной среды для ускоренных испытаний судовых гальванических покрытий // С. М. Гайдар, Т. И. Валькова, А. М. Пикина // Электрометаллургия. - 2022. -№2.-С. 24-32.
3. Пикина, А. М. К вопросу противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники // А. М. Пикина, Т. И. Валькова, Д. А. Пикин // В сб.: Актуальные проблемы науки и техники : сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции. - Уфа, 2021,-С. 60-65.
4. Balkova, T. I. Basic Techniques for Determining the Porosity of Electrodeposited Coatings // T. I. Balkova, A. I. Prokhorova // Russian Metallurgy (Metally). -2021. -Т.2021.- № 6. - С. 779-783.

### *Об авторах:*

**Балькова Татьяна Ивановна**, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, balkova@rgau-msha.ru.

**Пикина Анна Михайловна**, ассистент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), pikina@rgau-msha.ru.

**Шустова Александра Константиновна**, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

### *About the author:*

**Tatiana I. Balkova**, Associate Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Engineering), balkova@rgau-msha.ru.

**Anna M. Pikina**, assistant, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), pikina@rgau-msha.ru.

**Alexandra K. Shustova**, student, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49).

## ТЕХНОЛОГИЯ КОНСЕРВАЦИИ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

**И. А. Посулько**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

*Аннотация. В силу специфических условий эксплуатации сельскохозяйственной техники основным типом двигателя, используемым на ней, является дизельный. Такие элементы топливной системы дизеля, как топливный бак, топливный насос высокого давления, камера сгорания, поршень, топливопроводы, фильтр грубой очистки и т.д. наиболее подвержены электрохимической и химической коррозии. Причиной этого является постоянная конденсация влаги на поверхностях из-за колебания температуры воздуха. Капли влаги, попадая на них, создают условия для электрохимической коррозии. Кроме электрохимической, они подвергаются и химической коррозии в результате взаимодействия незащищенного металла с коррозионно-агрессивными компонентами рабочего топлива.*

*В связи с этим в настоящее время при постановке сельскохозяйственной техники на длительное хранение целесообразно проводить консервацию топливной системы дизельных двигателей путем заправки системы питания дизельным топливом с добавлением ингибитора коррозии.*

*Ключевые слова: новые материалы, климатические факторы, атмосферная коррозия, рабоче-консервационное топливо.*

## TECHNOLOGY OF CONSERVATION OF THE FUEL SYSTEM OF AUTOMOTIVE EQUIPMENT

**I. A. Posunko**

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

*Abstract. Due to the specific operating conditions of agricultural machinery, the main type of engine used in agricultural machinery is a diesel engine. Such elements of the diesel fuel system as the fuel tank, high pressure fuel pump, combustion chamber, piston, fuel lines, pre-cleaner, etc. are most exposed to electrochemical and chemical corrosion. Moisture droplets in contact with these surfaces can cause electrical and chemical corrosion. In addition to electrochemical corrosion, they are also subject to chemical corrosion as a result of interaction of unprotected metal with corrosive and aggressive components of working fuel.*

*In this connection at the present moment it is reasonable to carry out conservation of the diesel engine fuel system by filling up the fuel system with diesel fuel with the addition of corrosion inhibitor when storing the agricultural equipment for a long time.*

**Keywords:** *new materials, climatic factors, atmospheric corrosion, working and conservation fuel.*

Условия хранения автотракторной техники являются основным фактором для выбора средств и технологий консервации. При длительном хранении сельскохозяйственная техника (СХТ) может находиться в хранилище или на открытой площадке. Следует также учитывать климатические зоны: умеренная, жаркая и промышленно-морская.

Для хранения СХТ на открытой площадке характерны высокие перепады температур с конденсацией влаги, в хранилищах колебания температуры значительно ниже. Таким образом, при хранении СХТ на открытой площадке факторы, влияющие на коррозию топливной системы более жесткие, что следует учитывать при выборе материалов и технологии консервации.

В качестве материалов для консервации техники целесообразно использовать для хранения в хранилище рабоче-консервационное топливо (РКТ) представляющее собой 2 % раствор ингибитора АЖК в дизельном топливе (ДТ), а на открытой площадке РКТ с ингибитором коррозии анодно-катодного действия (смесь ингибитора АЖК и АКОР-1).

Порядок приготовления рабоче-консервационного топлива.

Рабоче-консервационное топливо приготавливается путем добавления к зимнему дизельному топливу антикоррозионной присадки АЖК или смеси АЖК и АКОР-1 в соотношении 98:2 (по объему).

Приготавливать РКТ необходимо в чистых емкостях, попадание механических загрязнений и воды недопустимо.

Порядок приготовления:

- а) отмерить требуемое количество ДТ;
- б) отмерить требуемое количество присадки, при интенсивном перемешивании ДТ мешалкой добавить к нему присадку и продолжать перемешивание до получения однородной смеси, что

определяется отсутствием осадков или сгустков на дне и стенках емкости.

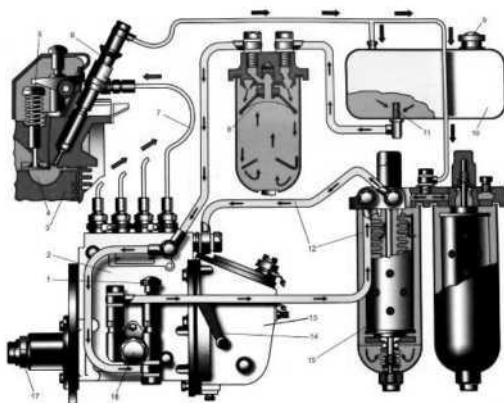
Количество приготавливаемого РКТ определяется расчетом исходя из количества консервируемой техники.

Категорически запрещается заливать присадку непосредственно в топливный бак, так как в этом случае невозможно контролировать качество смешения.

Из анализа факторов вызывающих коррозию элементов техники (рисунок 1) и эффективности РКТ целесообразно использовать две технологии консервации:

а) при хранении СХТ в помещении использовать ингибитор АЖК и хранение осуществлять с заполненным топливным баком РКТ;

б) при хранении СХТ на открытой площадке использовать смесь ингибиторов АЖК и АКОР-1 и хранение осуществлять с незаполненным топливным баком РКТ.



**Рисунок 1 - Элементы топливной системы дизеля:**

1 - насос ручной подкачки; 2 - топливный насос высокого давления; 3 - поршень; 4 - камера сгорания; 5 - газораспределительный механизм; 6 - форсунка; 7 - топливопровод высокого давления; 8 - фильтр грубой очистки; 9 - заливная горловина топливного бака; 10 - топливный бак; 11 - фильтр бака; 12 - топливопроводы низкого давления; 13 - регулятор топливного насоса; рычаг управления насоса; 15 - фильтр тонкой очистки; 16 - топливоподкачивающий насос; 17 - иллицевая втулка для соединения с дизелем

## Технологический процесс консервации ТС при хранении в помещении.

Оборудование и материалы: стенд для промывки топливных баков, емкость для слива раствора модификатора ржавчины, комплект эндоскопов, РКТ с присадкой АЖК, раствор модификатора ржавчины.

Технологический процесс консервации ТС представлен в таблице 1.

**Таблица 1 - Технологический процесс консервации ТС**

Содержание операций	Технические условия
1. Осмотреть внутренние поверхности бака с помощью эндоскопа	Коррозионных повреждений топливного бака не допускается
2. При коррозионных повреждениях внутренних поверхностей бак снять, закрепить на стенде для промывки топливных баков	
3. Заглушить отверстия на верхней части бака (топливозаборника и провода трубки сапунирования) с помощью деревянных пробок	
4. Залить в бак через заливную горловину Юл приготовленного раствора модификатора ржавчины и закрыть крышку заливной горловины	
5. С помощью рукоятки стенда вращать бак на 20...25 оборотов	При вращении бака делать паузы на 15.. .20 с через 5 оборотов, останавливая бак в различных полостях (верхняя часть и далее через 90 °)
6. Осмотреть внутренние поверхности бака с помощью эндоскопа	При обнаружении продуктов коррозии операцию 4 повторить до их полного удаления
7. После обработки раствор слить в емкость для дальнейшего использования	
8. При консервации внутренних поверхностей залить в топливный бак дизельное топливо с добавлением 2 % присадки АЖК в количестве 80 %.	
9. С помощью рукоятки стенда вращать бак на 5 оборотов	При вращении бака делать паузы на 5...10с,

	останавливая бак в различных плоскостях(верхняя часть и далее через 90°)
10. После обработки бак установить на машину	
11. Насосом ручной подкачки (рисунок 1) осуществить подачу РКТ из топливного бака через фильтр грубой и тонкой очистки к впускной полости насоса высокого давления	Провести операцию нажатием на толкатель топливо-подкачивающего насоса
12. Выполнить операцию по окончательной консервации системы питания для чего запустить двигатель проработать на РКТ на 5 минут	

### **Технологический процесс консервации ТС при хранении на открытой площадке.**

Оборудование и материалы: емкость для слива раствора модификатора ржавчины, комплект эндоскопов, РКТ со смесью присадок АЖК и АКОР-1, раствор модификатора ржавчины.

Технологический процесс представлен в таблице 2.

**Таблица 2 - Технологический процесс консервации**

Содержание операций	Технические условия
1. Осмотреть внутренние поверхности бака с помощью эндоскопа	Коррозионных повреждений внутренних поверхностей не допускается
2. Отсоединить топливопроводы от форсунок, снять форсунки. Вывернуть пробки клапанов компрессора, вытянуть пружины и клапаны	
3. Включить компрессор и довести давление в баке установки до 4.. 5 кгс/см <sup>2</sup>	
4. Отсоединить топливопроводы от форсунок, снять форсунки. Вывернуть пробки компрессора, вынуть пружины и клапаны	
5. Ввести в цилиндр двигателя через отверстие для форсунки приспособление для консервации. Включить на 7.. 10 с пистолет установки и произвести	Приспособления для консервации вводить в цилиндр двигателя, когда поршень находится в НМТ. Для этого

консервацию внутренних поверхностей цилиндра двигателя. Операцию повторить для всех цилиндров двигателя	проворачивается коленчатый вал двигателя вручную специальным ключом
6. Залить через отверстие для форсунки в каждый цилиндр по 65...75мл РКТ	РКТ заливать шприцем для жидкой смазки с надетым шлангом
7. Установить форсунки на место, подсоединить топливопроводы. Поставить на место клапаны и пробки компрессора, шихтовые свечи ЭФУ	
8. Для консервации внутренних поверхностей залить в бак дизельное топливо с добавлением 2 % смеси присадок АЖК и АКОР-1 в количестве, обеспечивающем уровень РКТ нижней кромки заливной горловины	
9. Насосом ручной подкачки (рисунок 1) осуществить подачу РКТ из топливного бака через фильтр грубой и тонкой очистки к впускной полости насоса высокого давления	Провести операцию нажатием на толкатель топливоподкачивающего насоса
10. Выполнить операцию по окончательной консервации системы питания для чего запустить двигатель проработать на РКТ на 5 минут	
11. Слить РКТ с бака в емкость для дальнейшего использования	

Технологию консервации внутренних поверхностей цилиндров двигателя проводить аналогично технологическому процессу для условия хранения в помещении с использованием РКТ со смесью ингибиторов коррозии АЖК и АКОР-1.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гайдар, С. М. Теория и практика создания ингибиторов атмосферной коррозии / С. М. Гайдар, Р. К. Низамов, С. А. Гурьянов, М. И. Голубев // Техника и оборудование для села. - 2012. - №4. - С. 8-10.
2. Гайдар, С. М. Обеспечение износостойкости узлов трения / С. М. Гайдар, Е. А. Петровская // В сб.: Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России : сборник статей Международной научно

практической конференции молодых ученых, посвященная 65-летию ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА. - 2016. - С. 99-102.

3. Гайдар, С. М. Ингибированные составы для хранения сельскохозяйственной техники / С. М. Гайдар, А. С. Кононенко // Техника в сельском хозяйстве. - 2011. - №3. - С. 21-22.

4. Гайдар, С. М. Исследование влияния наноструктурирования поверхностей трибосопряжений на эксплуатационные характеристики двигателей / М. Ю. Карелина, С. М. Гайдар, А. В. Пыдрин // Грузовик. - 2015. - № 2. - С. 29-37.

5. Гайдар, С. М. Полифункциональные ингибиторы биокоррозии - эффективное средство повышения сохраняемости машин в животноводстве / С. М. Гайдар, Л. Ю. Дёмина, А. Л. Дмитриевский, Е. А. Петровская // Техника и оборудование для села. - 2014. - № 4. - С. 26-29.

6. Гайдар, С. М. Модификация консистентных смазок с использованием нанотехнологии / С. М. Гайдар // Техника в сельском хозяйстве. - 2010. - №2. - С. 38-40.

7. Гайдар, С. М. Инновационное техническое средство для нанесения защитной молекулярной пленки на поверхность машин / С. М. Гайдар, М. Ю. Карелина // Техника и оборудование для села. - 2015. - № 3. - С. 2628.

8. Гайдар, С. М. Адсорбция фтор-ПАВ и ее влияние на смазку трибосопряжений в условиях граничного и гидродинамического трения / С. М. Гайдар, А. А. Волков, М. Ю. Карелина // Труды ГОСНИТИ. - 2015. - Т. 118. - С. 113-124.

9. Гайдар, С. М. Адгезионная прочность герметиков и наноконпозиций на их основе / А. С. Кононенко, С. М. Гайдар // Ремонт. Восстановление. Модернизация. - 2011. - № 6. - С. 38-42.

10. Пикина, А. М. Влияние внутренних и внешних факторов на коррозионно-механическое изнашивание деталей топливной системы / И. А. Посьунько, А. М. Пикина // В сб: Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 160-летию В. А. Михельсона. - 2020. - С. 339-344.

11. Патент на полезную модель № 206682 U1 Российская Федерация, МПК F01M 9/02. Устройство для обогащения масла системы смазки легирующим элементом цветного металла : № 2021115224 : заявл. 27.05.2021 : опубл. 22.09.2021 / С. М. Гайдар, Н. А. Ф. Наджи, В. Е. Коноплев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева».

12. Патент № 2767942 C1 Российская Федерация, МПК C23F 11/00. Маслорастворимый ингибитор коррозии : № 2021121318 : заявл. 19.07.2021 : опубл. 22.03.2022 / С. М. Гайдар, В. Е. Коноплев, О. Н. Дидманидзе [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное



учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева».

13. Гайдар, С. М. Исследование синергетического эффекта контактных ингибиторов анодного и катодного действия при защите стали от коррозии / С. М. Гайдар, В. Е. Коноплев, Д. И. Петровский, И. А. Посулько, А. М. Пикина//Коррозия: материалы, защита. -2021. -№ 12. -С. 10-14.

14. Пикина, А. М. Повышение долговечности тонколистовых конструкций, разъемных и неразъемных соединений сельскохозяйственной техники в условиях эксплуатации : дисс. ... канд. техн, наук : 4.3.1 / Пикина Анна Михайловна. - Москва, 2022. - 176с.

15. Гайдар, С. М. Прогнозирование фрикционно-износных характеристик трибосистем с использованием физического моделирования контактного взаимодействия подвижных соединений / С. М. Гайдар, А. Б. Лагузин, А. Г. Пастухов, А. М. Пикина // Инновации в АПК: проблемы и перспективы.-2021.-№2(30).-С. 98-107.

16. Посулько, И. А. Повышение сохраняемости элементов топливной системы дизельных двигателей при длительном хранении : дисс. ... канд. техн, наук : 4.3.1 / Посулько Иван Александрович. - Москва, 2022. - 199 с.

#### ***Об авторе:***

**Посулько Иван Александрович**, заведующий лабораторией, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

#### ***About the author:***

**Ivan A. Posunko**, head of the laboratory, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49).

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ПРИ ВОВЛЕЧЕНИИ В ОБОРОТ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ**

**Н. И. Владимирова, А. С. Апатенко**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

*Аннотация. Рассмотрены вопросы эксплуатации технологических машин при работе по вовлечению в оборот залежных земель, определены причины и характер основных износов агрегатов при работе в тяжелых условиях. Ключевые слова: технологические машины, агрегаты, работоспособность, ремонт, техническое обслуживание.*

## **INCREASING THE EFFICIENCY OF TECHNOLOGICAL MACHINES DURING OPERATION TO INVOLVE IN TURNO- VER FALLOW LANDS**

**N. I. Vladimirova, A. S. Apatenko**

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

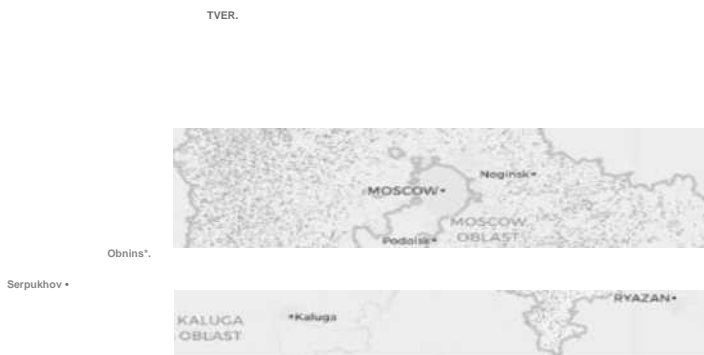
**Abstract.** *The issues of operation of technological machines when working to involve in the turnover of fallow lands, the causes and nature of the main wear of the units during operation in difficult conditions are determined.*

**Keywords:** *technological machines, aggregates, operability, repair, maintenance*

Сегодня, в рамках утвержденной и принятой к реализации федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы» [1] предусматривается ввод в эксплуатацию 13234,8 тыс. гектаров мелиорируемых земель к концу 2031 года.

В настоящее время площадь неиспользуемых сельскохозяйственных земель достигает значения почти 80 млн га, что составляет 4,5 % территории всей страны. Пустующие сельхозземли - огромный ресурс для развития сельских территорий [2]. Например, в Московской области площадь неиспользованных

сельхозземель составляет 1114 га - это около 25 % от площади всего региона (рисунок 1).



**Рисунок 1 - Карта площади неиспользованных сельхозземель Московской области**

В связи с этим, в ближайшее время значительно возрастут объемы выполняемых мелиоративных работ.

Несмотря на то, что освоение земель является трудоемким процессом, многие российские агрохолдинги и крупные сельхозпредприятия в настоящее время вводят в оборот залежные земли. Уровень пригодности земель для введения в оборот напрямую зависит от степени их запущенности, региона и его климатических условий, растительного состава и других условий.

В настоящее время при освоении земель, заросших кустарниковой растительностью, применяется технологический комплекс машин в составе бульдозеров, погрузчика-экскаватора, кусторезов, корчевателей, дисковых мелиоративных борон, плугов и др. [3-4]

В связи с тем, что такие земли не обрабатывались долгие годы, технологические машины будут работать в тяжелых условиях с повышенным износом. Поэтому перед освоением земель и проведением технологических операций на данных землях, требуется провести дополнительные исследования по возможности использования машин, с повышенными нагрузками.

Нарушение работоспособности агрегата возникает вследствие множества факторов (эксплуатационных, производственно-организационных, технологических конструкционных и других) [5] и имеет вероятностный характер. Анализируя данные о технических отказах агрегатов технологического комплекса, очевидно, что наибольшая их часть (около 70 %) связана с производственными дефектами, как базовой машины (трактора), так и агрегатируемой машины (орудия).

Основным из факторов, обуславливающих ускорение возникновения дефектов и, как следствие, приводящих к отказам в работе агрегата, ввиду выхода из строя составляющих его элементов, являются тяжелые условия эксплуатации технологических машин.

Так как агрегат состоит из базовой (трактор) и агрегатируемой машин (орудие), то нарушение работы одного из этих элементов приводит к выходу из строя всего агрегата [6-8].

Во время работы технологических машин происходит усиленный износ рабочего органа вследствие абразивного воздействия частиц разбрасываемого грунта. При этом следует отметить, что интенсивность износа рабочего органа зависит от свойств грунта. Интенсивность износа наиболее высока в том случае, когда в состав грунта в большом количестве входят каменистые и песчаные компоненты. Наибольшему износу подвергаются ножи и отвалы бульдозеров.

Интенсивный износ рабочего органа приводит к ухудшению эксплуатационных характеристик технологической машины и снижает ее производительность.

Несмотря на разнообразие техники, износ рабочих органов носит определенный характер и по его признакам можно сгруппировать детали. Например, режущие элементы ножей бульдозеров, плугов характеризуются износом лезвия и лицевой стороны ножа; отвалы этих машин - износом поверхностей по которым сходит грунт.

Кроме того, в процессе работы машин появляется изгиб отвала, вмятины, трещины, образование отверстий в стенках отвалов и ковшей и износ отверстий под болты креплений ножей.

В результате высоких дополнительных усилий, возникающих при работе трактора с навесным оборудованием, сильному

износу подвергаются гусеницы, что приводит к частым остановкам машин.

Способы ремонта или восстановления рабочих органов можно сгруппировать по соответствующим техническим признакам.

Вместе с тем, эффективность эксплуатации технологических машин при осуществлении комплекса работ по введению в оборот залежных земель является одним из показателей, определяющих эффективность всей производственной деятельности агрохолдингов и сельхозпредприятий.

Для предотвращения возникновения технических отказов необходимо конкретизировать причины их возникновения и выявить временные закономерности накопления.

Выводы:

1. Наибольшая часть технических отказов агрегатов характерна для агрегируемой машины и связана с производственными дефектами;

2. Износ рабочих органов носит определенный прогнозируемый характер и по его признакам можно сгруппировать детали для дальнейшего восстановления;

3. Для предотвращения возникновения технических отказов необходимо конкретизировать причины их возникновения и выявить временные закономерности накопления;

4. Эффективность эксплуатации технологических машин напрямую влияет на эффективность производственной деятельности агрохолдингов и сельхозпредприятий.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Передовые практики введения залежных земель в оборот / И. Г. Голубев, Н. П. Мишуров, В. В. Голубев [и др.]. -М.: РОСИНФОРМАГРОТЕХ, 2021.-80 с.

2. Апатенко, А. С. Эффективность вовлечения в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых земель / А. С. Апатенко, И. Г. Голубев, Н. С. Севрюгина // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях : материалы VIII Международной научно-практической конференции. - Саратов, 2021. - С. 350-353.

3. Апатенко, А. С. Совершенствование системы технической эксплуатации при импортозамещении машин для выполнения мелиоративных работ / А. С. Апатенко // Природообустройство. - 2015.-№ 2. - С. 74-77.

4. Севрюгина, Н. С. Дополнение целевых индикаторов развития АПК: обеспеченность инновационных технологий техническими средствами сопровождения / Н. С. Севрюгина, А. С. Апатенко // В сб.: Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК. - п. Правдинский Московской области: РОСИНФОРМАГРОТЕХ, 2020. - С. 491-499.

5. Севрюгина, Н. С. Системный подход к оценке влияния эргономических показателей транспортных машин на эффективность технического сервиса / Н. С. Севрюгина// Безопасность труда в промышленности. - 2010. - № 7. - С. 56-59.

6. Дидманидзе, О. Н. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк // Аграрная наука Северо-Востока. - 2020. - Т. 21, № 1.- С. 74-85.

7. Дидманидзе, О. Н. Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов / О. Н. Дидманидзе, А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев // Техника и оборудование для села. - 2020. - № 11(281).- С. 39-43.-DOI 10.33267/2072-9642-2020-11-39-41.

8. Пуляев, Н. Н. Направления развития сельскохозяйственных тракторов / Н. Н. Пуляев, Д. Г. Асадов, А. И. Сучков // В сб.: Чтения академика В. И. Болтинского. - 2021.-С. 88-94.

### ***Об авторах:***

**Владимирова Наталия Ивановна**, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), vladimirova\_n@rgau-msha.ru.

**Апатенко Алексей Сергеевич**, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доцент, доктор технических наук, a.apatenko@rgau-msha.ru.

### ***About the authors:***

**Natalia I. Vladimirova**, Senior Lecturer, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), vladimirova\_n@rgau-msha.ru.

**Alexey S. Apatenko**, Head of the Department, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Associate Professor, D.Sc. (Engineering), a.apatenko@rgau-msha.ru.

## МЕТОД РЕАЛИЗАЦИИ СИЛЫ ТЯГИ ДВИЖИТЕЛЯ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ НА ГРУНТАХ В АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

**А. Ю. Фомин, Э. Н. Халилов, А. В. Лапаев**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

**Аннотация.** *Представлены исследования реализации силы тяги движителя гусеничной машины при движении по мерзлому грунту. Проанализирован процесс взаимодействия грунтозацепов трака гусеничного движителя с поверхностью обледенелой дороги в момент максимального значения силы тяги. Обосновано, что формирование силы сцепления гусеничного движителя будет оказывать значительное влияние на взаимодействие траков с обледенелым грунтом.*

**Ключевые слова:** *гусеничный движитель, силы тяги, расчет, грунтозацеп.*

## METHOD OF REALIZING THE THRUST FORCE OF THE PROPELLER OF A TRACKED VEHICLE ON SOILS IN ARCTIC CONDITIONS

**A. Yu. Fomin, E. N. Khalilov, A. V. Lapayev**

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

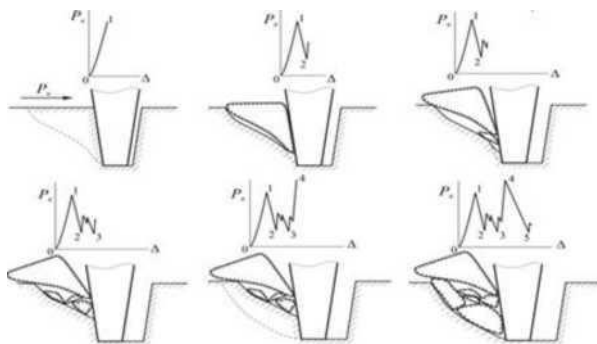
**Abstract.** *Studies of the implementation of the thrust force of the propeller of a tracked vehicle when driving on frozen ground are presented. The process of interaction of the lugs of the track of the tracked propulsion with the surface of the icy road at the time of the maximum value of the thrust force is analyzed. It is substantiated that the formation of the adhesion force of the caterpillar propulsion will have a significant impact on the interaction of the tracks with icy soil.*

**Keywords:** *caterpillar propulsion, traction forces, calculation, lug.*

Изучение проблемы взаимодействия грунтозацепов трака гусеничной цепи транспортно-технологических машин с обледенелым мерзлым грунтом, зачастую направлены на обеспечение повышения проходимости и маневренности [1-4]. В момент возникновения тягового усилия ледяная поверхность грунта является крепкой и

прочной составляющей при срезе «грунтового кирпича», и затрудняет зацепление грунтозацепов трака с грунтом.

Тяговые испытания транспортно-технологических машин на обледенелой поверхности грунта, в условиях Арктики, показали, что при пробуксовке траков гусеничной цепи возникает смещение грунтозацепов в противоположном направлении от движения гусеничной машины, что влечёт за собой разрушение «грунтового кирпича» [5]. Предполагается, что при использовании съёмных дополнительных грунтозацепов (СДГ), в начальный период горизонтального смещения относительно ледяной поверхности (рисунок 1) под влиянием касательного усилия возникает упругая деформация «грунтового кирпича» рабочей поверхностью трака, что способствует пробуксовке гусеничного движителя [5]. Формирование «грунтового кирпича» завершается выдавливанием массивных частей льда по всей ширине грунтозацепа.



**Рисунок 1 - Процесс взаимодействия грунтозацепа с обледенелым грунтом**

Контакт рабочей поверхности дополнительного грунтозацепа с поверхностью обледенелого грунта, в процессе выдавливания элементов льда, увеличивается. Происходит уплотнение неровностей, формируется гладкая поверхность на дне колеи.

На рисунке 1 продемонстрирована схема изменения касательного усилия при сдвиге дополнительного грунтозацепа, которая была получена при проведении макетных исследований с использованием экспериментальной установки [5].



Соппротивление качению на твердой поверхности грунта не изменяется от перераспределения давления по опорной поверхности гусеничной цепи [5]. При исследовании вопросов формирования коэффициента сцепления гусеничного движителя с опорной поверхностью, существует необходимость учитывать перераспределение давления.

Сила тяги гусеничной транспортно-технологической машины по сцеплению равна:

$$P_{сц. \max} = P_{тр. гц} + P_{зац. пред}, \quad (1)$$

где  $P_{тр. гц}$  - сила трения гусеничной цепи, Н;

$P_{зац. пред}$  - сила зацепления трака гусеничной цепи, оборудованного съемным дополнительным грунтозацепом с ледяной поверхностью.

Верхние значения силы тяги гусеничной машины и  $(p_{н\text{ич}})$  будут достигнуты при предельном зацеплении дополнительного грунтозацепа с поверхностью льда [5]. Сила трения обусловлена взаимодействием опорной части гусеничной цепи с поверхностью мерзлой дороги, при отсутствии на траках развитых грунтозацепов. При этом, принимаем, что значение коэффициента трения скольжения будет изменяться в незначительных пределах. Расчетная схема скола льда съемным дополнительным грунтозацепом трака гусеничного движителя представлена на рисунке 2.

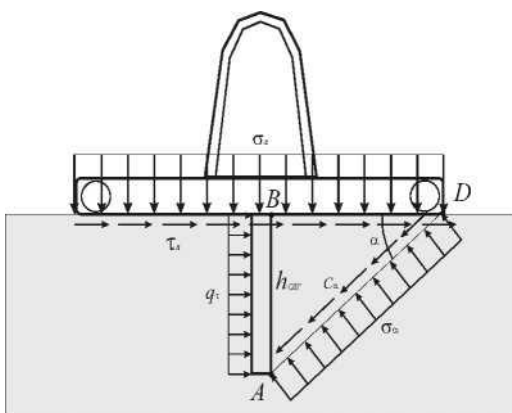


Рисунок 2 - Расчетная схема деформации ледяной поверхности съемным дополнительным грунтозацепом

При внедрении съемного дополнительного грунтозацепа давление  $a$ , гусеничной цепи на ледяную поверхность равно: где  $B_{зц}$  - ширина гусеничной цепи, м;

$L_{2г}$  - длина опорной поверхности гусеничной цепи, м.

Напряжения  $m_i$  от действия силы  $P_{тр. зц}$  по поверхности дороги равны:

$$P_{тр. зц} \tag{3}$$

Давление дополнительного грунтозацепа  $q_T$ , при котором происходит скол льда, во время максимального тягового усилия по сцеплению будет равно:

$$\frac{^n CДГ P_{защ.пред}}{^b CДГ ^k CДГ} \tag{4}$$

Уравнение равновесия призмы в проекциях на ось  $x$ :

Учитывая, что  $AD = k\delta z / \sin a$ , а  $BD = k\delta z / \cos a$ , получим:

$$C_a AD - q A c r r \cos a - T n B D \cos a + c P D \sin a = 0. \tag{5}$$

Учитывая, что  $AD = h^r / \sin a$ , а  $BD = k\delta z / \cos a$ , получим:

$$c_n = q_T \frac{^k CДГ}{\cos a - CT}, \sin a + T, \frac{BD}{\cos a, ^a T AD} \frac{BD}{^a AD} \frac{^a AD}{^a AD} \tag{6}$$

После преобразования уравнения (6) получим:

$$C_\alpha = \left( \frac{q_T - \sigma_T}{2} \right) \sin 2\alpha + \tau_T \cos^2 \alpha. \tag{7}$$

С учетом выражения (4), и принимая  $a = 45^\circ$  [3]:

$$P_{сч-маx} = 4^n c \delta z^k CДГ^k CДГ \tag{8}$$

Формула (8) демонстрирует, что  $P_{сч. max}$  зависит от количества дополнительных грунтозацепов, и их габаритных размеров. При изменении конструктивных параметров грунтозацепа  $\phi_{max}$  будет изменяться прямо пропорционально. Особенности формирования силы сцепления гусеничного движителя будет оказывать значительное влияние на взаимодействие траков с обледенелым грунтом.

Результаты теоретических исследований позволяют сделать вывод, что основными факторами, оказывающими значительное влияние на силу сцепления гусеничного движителя транспортно

технологических машин, являются габаритные размеры и количество зацепов, устанавливаемых на опорную часть гусеничной цепи [6-7]. Изменение указанных конструктивных факторов будет отражаться на характере образования силы тяги по сцеплению, которая в свою очередь влияет на проходимость и маневренность транспортно-технологических машин в арктических условиях.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Дидманидзе, О. Н. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк // Аграрная наука Северо-Востока. - 2020. - Т. 21, № 1.- С. 74-85.
2. Севрюгина, Н. С. Конструктивная адаптивность машин к эффективному функционированию в полном цикле технологических работ / Н. С. Севрюгина, А. С. Апатенко // Силовое и энергетическое оборудование. Автомные системы. -2019. -Т. 2. -№2. - С. 58-68.
3. Пуляев, Н. Н. Направления развития сельскохозяйственных тракторов / Н. Н. Пуляев, Д. Г. Асадов, А. И. Сучков // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар, Москва, 20-21 января 2021 года. - М. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. - С. 88-94.
4. Севрюгина, Н. С. Риски экосистемы при функционировании водохозяйственных комплексов / Н. С. Севрюгина, А. С. Апатенко, Е. В. Войтович // Природообустройство. - 2020. - №2.- С. 115-122.
5. Васильченков, В. Ф. Результаты исследования влияния крутильных колебаний двигателя на буксование гусениц военных машин / В. Ф. Васильченков, А. Ю. Фомин, С. В. Глущенко // Мир транспорта и технологических машин. - 2014. -№ 2 (45). - С. 63-67.
6. Патент на полезную модель № 159882 U1 Российская Федерация, МПК В62D 55/18. Универсальный гусеничный движитель высококомобильного транспортного средства : № 2015117086/11 : заявл. 05.05.2015 : опубл. 20.02.2016 / А. Ю. Фомин, В. Ф. Васильченков, А. А. Аникин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище (военный институт) имени генерала армии В.Ф. Маргелова» Министерства обороны Российской Федерации, Российская Федерация, от имени которой выступает Министерство обороны Российской Федерации.
7. Фомин, А. Ю. Способ повышения маневренности высококомобильной транспортной гусеничной машины / А. Ю. Фомин, В. Ф. Васильченков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2016,-№7-2.-С. 121-131.

***Об авторах:***

**Фомин Александр Юрьевич**, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, a.fomin@rgau-msha.ru.

**Халилов Эйнур Николаевич**, Начальник учебной части, заместитель начальника военного учебного центра, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), voenka@rgau-msha.ru

**Лапаев Андрей Валентинович**, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

***About the authors:***

**Alexander Yu. Fomin**, Associate Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Engineering), a.fomin@rgau-msha.ru.

**Einur N. Khalilov**, Head of the Training Unit, Deputy Head of the Military Training Center, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), voenka@rgau-msha.ru.

**Andrey V. Lapaev**, Senior Lecturer, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49).

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА МОБИЛЬНОГО РОБОТА

**Д. В. Анашин**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

**Аннотация.** В статье дается описание двигателя, конструкция которого позволяет получить высокую эффективность мобильного робота при небольших эксплуатационных затратах.

**Ключевые слова:** трактор, робот, двигатель.

## MOBILE ROBOT POWER PLANT

**D. V. Anashin**

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

**Abstract.** The article describes the engine, the design of which makes it possible to obtain high efficiency of a mobile robot at low operating costs.

**Keywords:** tractor, robot, engine.

Россия - великая мировая держава. В нашей стране высоко развита сельскохозяйственная отрасль экономики и большой потенциал ее развития., т.к. мировая потребность в продовольствии растет с каждым годом. Однако, количество людей, занятых в сельскохозяйственном производстве в нашей стране относительно невелико, и ниже, чем во многих странах мира. Решить демографическую проблему в сельскохозяйственном производстве и помочь реализовать наш сельскохозяйственный потенциал может и должна техника, в т.ч. роботизированная.

С точки зрения географии, Россия условно может быть разделена на зоны уверенного сельскохозяйственного производства в открытом грунте, и зоны рискованного земледелия - земель, на которых год от года сложно прогнозирование климатических условий: в один год жарко и засушливо, в другой год все лето может идти дождь и урожаем гниет на корню.

Зоны уверенного сельскохозяйственного производства освоены и дают устойчивые урожаи, а зоны рискованного земледелия - имеют большой потенциал для повышения производства продукции. Для его реализации необходим свой подход.

В 1899 году И. Е. Овсинским была опубликована работа «Новая система земледелия» [1]. В ней он анализировал условия, наиболее благоприятные для выращивания растений, в частности, пшеницы. Если резюмировать его работу, можно написать - «Не пахать». У Овсинского было много последователей, были и ученые, критикующие его. Однако, время многое поставило на свои места. Например, Аргентина, входящая в десятку крупнейших сельхозпроизводителей в мире, применяет именно технологии прямого сева (No-Till). Эта («не пахать») технология здесь стала внедряться последние 35-40 лет. В такой технологии механическая обработка почвы, такие как пахота, боронование и т.п. не делается. После уборки урожая сразу проводятся посевные работы в стерню, туда, где остались части растений с корнями. Такая технология позволяет получить экономию за счет уменьшения технологических операций, и сохранить влагу в грунте.

Недостатком такой технологии может быть увеличение количества сорняков. С одной стороны, сорняки мешают культурным растениям расти и понижают урожайность. Однако, с другой стороны, если контролировать их размер и оставить их, сорняки могут принести пользу. Зелень в междурядьях сохранит землю от обезвоживания в сухой год. В случае же дождливого лета, растения в междурядьях будут забирать излишнюю влагу и предохранять полезные растения, например, морковь или чеснок от гниения. Такой подход к земледелию продвигается многими аграрниками. Так, можно привести в пример Бублика Б. А. - «Огород по-новому» [2], Курдюмова Н. И. - «Полный курс органического земледелия» [3]. Сорные растения в междурядьях согласно такой концепции не пропалываются, а обкашиваются. Скошенная растительность остается в междурядье. Она выполняет двойную роль: 1) прикрывает землю от солнца и предохраняет от высушивания, и 2) служит источником перегноя. Урожайность, в сравнении с технологией, когда грядки пропалываются и

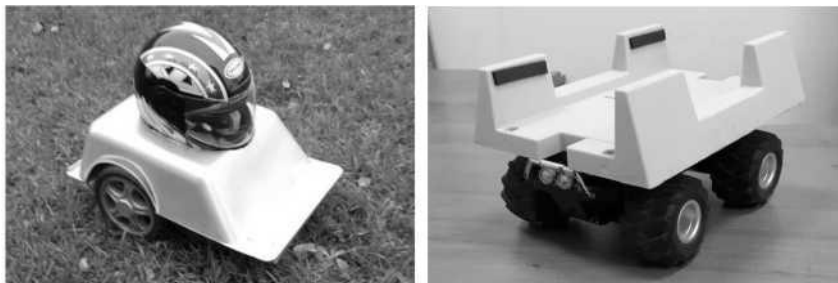
поливаются, в полтора раза ниже. Однако, урожай получается устойчивым и в дождливый год и в засушливый, при том, что трудозатраты на получение урожая в два-три раза ниже, чем по классической технологии. Кошение сорной растительности в междурядьях проводится газонокосилкой. В более крупных масштабах есть потребность в применении роботизированной техники для кошения растительности.

Также, велика потребность в роботизированной технике для высвобождения от других технологических операций - например, опрыскивание растений. Анализ состояния вопроса показал, что одним из путей комплексного подхода к решению вопроса применения роботизированной техники может стать создание универсального сельскохозяйственного робота, восполняющего недостаток рабочих рук и высвобождающих свободное время в технологических процессах фермерских хозяйств.

В настоящее время еще не созданы простые и достаточно надежные универсальные роботизированные платформы для выполнения задач, и работа которых была бы независима от внешнего источника электроэнергии.

На кафедре «Автоматизация и роботизация технологических процессов имени академика И. Ф. Бородина» Института механики и энергетики РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, создаются робототехнические устройства и предлагаются принципы построения роботов, предназначенных для выполнения различных технологических операций при производстве в полеводстве, животноводстве, сортировке, производстве кормов, и хранении сельскохозяйственной продукции.

Одна из таких задач - разработка универсального сельскохозяйственного робота. При смене навесного оборудования он сможет выполнять такие технологические операции, как кошение травы, транспортировка небольших грузов, рыхление почвы; опрыскивание растений, уборка яблок и т.п. по заданным программам в автоматическом режиме.



**Рисунок 1 - Сельскохозяйственный робот**

Достаточно большую часть массы робота занимает двигатель и топливо - в случае с использованием двигателя внутреннего сгорания. В случае же использования робота на электротяге, масса его двигателя снизится по сравнению с роботом на ДВС, но, при схожем с роботом на ДВС ресурсе работы от заправки до заправки и такой же мощности, возрастает масса аккумуляторов электроэнергии и их стоимость, и, как следствие, стоимость робота. Также, использование роботов на электрической тяге требует соответствующей инфраструктуры, которую не всегда просто организовать на просторах нашей большой страны.

Думается, что на сегодняшний день и в ближайшей перспективе, роботы использующие ДВС в качестве источника энергии, будут востребованы. Стоит задача повышения энергоэффективности двигателя.

Анализ работы двигателя внутреннего сгорания привел к выводу, что резервы ДВС можно найти в следующем:

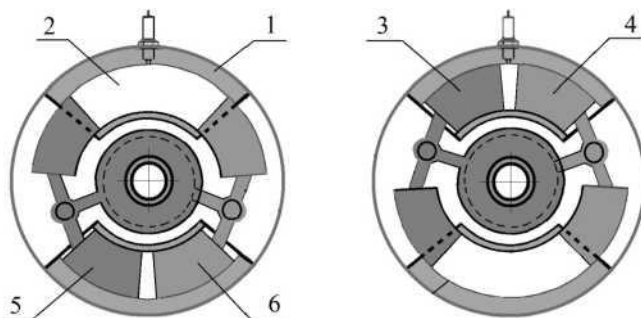
■ переход от четырехтактного цикла ДВС к двухтактному. Это приводит к снижению габаритов и массы двигателя внутреннего сгорания, однако, например, в случае использования дизельного топлива, снижаются экологические показатели работы двигателя. Решением здесь является переход на газовое топливо. Вместе с тем, у газового топлива есть свои особенности, например, время его воспламенения большее, чем у жидкого топлива.

- снижение потерь в двигателе на трение.

В ходе исследовательских работ и анализа существующих конструкций и технической литературы [4-11] в Институте механики и энергетики РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева



коллективом ученых была разработана конструкция двигателя внутреннего сгорания с встречным попарным движением поршней, находящихся в одном цилиндре. В 2022 году такая конструкция двигателя была направлена для регистрации в федеральный институт промышленной собственности.



**Рисунок 2 - Схема двигателя:**

*1 - корпус; 2 - рабочий объем; 3, 4, 5, 6 - поршни*

Схема двигателя с ПДП (противоположно движущимися поршнями) была предложена в конце XIX века и в последствии двигатели по этой схеме были созданы в Англии, Германии, США, Швейцарии и России. Дизели с ПДП нашли свое применение на военной технике. На Рыбинском КБ Моторостроения разработан авиационный 3-х цилиндровый дизель с турбонаддувом с ПДП, имеющий максимальную мощность 200 л.с. и крейсерскую - 130 л.с. при 2700 об/мин. Масса двигателя составляет 145 кг (удельная масса 1,12 кг/л.с.).

В РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева есть наработки конструкции двигателя с ПДП (профессором Девяниным С. Н., на кафедре тракторов и автомобилей есть образец такого двигателя).

Двигатели с ПДП имеют в 1,5...2 раза меньшую удельную поверхность камеры сгорания, отнесенную к ее объему, т.е. меньшие тепловые потери рабочего заряда и выше индикаторный КПД цикла. Если тепловые потери в систему охлаждения у 4-х тактного двигателя составляют 20...35 %, то у двигателя с ПДП без охлаждения поршня они составляют порядка 12.. .15 %.

Реализация в двигателе с ПДП двухтактного цикла с прямоточной продувкой позволяет обеспечить улучшенные удельные весовые, габаритные и мощностные характеристики, которые позволяют при одинаковых габаритах сравнительно с 4-х тактным двигателем внутреннего сгорания получить примерно в 1,5 раза большую мощность, а также упрощение конструкции. Упрощение конструкции приводит к повышению надежности двигателя.

Особенностью разработанной конструкции является то, что поршни совершают колебательные движения в цилиндре изогнутой формы. В результате, сила, действующая от поршня на боковую стенку цилиндра, и сила трения поршня о цилиндр, близки к нулю. При применении правильно подобранных материалов, есть перспектива работы двигателя без смазки поршня, что приведет к значительному увеличению ресурса работы и снижению сервисного обслуживания.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Овсинский, И. Е. Новая система земледелия / И. Е. Овсинский. - Киев, 1899.
2. Бублик, Б. А. Огород по-новому / Б. А. Бублик. - Белгород, 2013.
3. Курдюмов, Н. И. Полный курс органического земледелия / Н. И. Курдюмов. - М. : АСТ, 2016.
4. Likhanov, V. A. Dynamics of soot formation and burnout in a gas diesel cylinder / V. A. Likhanov, O. P. Lopatin // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 862. - 2020.
5. Belov, M. Kinematics of twin rotary tiller / M. Belov // CIGR. - 2018. - Т. 20.-№4.-Рр. 91-96.
6. Орлин, А. С. Двигатели внутреннего сгорания / А. С. Орлин, М. Г. Круглов. - М., 1990.
7. Метиловый эфир рапсового масла - новое топливо для отечественных автомобильных дизелей / В. А. Марков, С. Н. Девянин, А. А. Зенин, В. Н. Черных // Автомобильная промышленность. - 2008. - № 4. - С. 8-11.
8. Работоспособность технических систем / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. - М.: Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева, 2022. - 379 с.
9. Евдокимов, А. П. Принципы проектирования устройств тестового диагностирования быстродействующих микросхем и модулей полупроводниковой памяти / А. П. Евдокимов, В. Г. Рябцев, А. В. Меликов

// Проблемы разработки перспективных микро- и нанoeлектронных систем (МЭС). - 2018. - №2,- С. 23-30.

10. Дидманидзе, О. Н. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. - 2020. - Т. 21, № 1. - С. 74-85. - DOI 10.30766/2072-9081.2020.21.1.74-85. - EDN IZNFQFF.

11. Пуляев, Н. Н. Направления развития сельскохозяйственных тракторов / Н. Н. Пуляев, Д. Г. Асадов, А. И. Сучков // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар, Москва, 20-21 января 2021 года. - М. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. - С. 88-94.

***Об авторе:***

**Анашин Дмитрий Викторович**, старший преподаватель кафедры автоматизации и роботизации, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), anashin@rgau- msha.ru.

***About the author:***

**Dmitry V. Anashin**, Senior Lecturer of the Department of Automation and Robotics, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), anashin@rgau-msha.ru.

## ТЕМПЫ ПРОИЗВОДСТВА И ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКОЙ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК РОССИИ

**А. Л. Арутюнов**

*ФГБУН «Центральный экономико-математический институт  
Российской академии наук», г. Москва, Российская Федерация*

*Аннотация. В статье представлены основные темпы динамики производства и дальнейшего обеспечения сельскохозяйственной техникой (тракторов и комбайнов) предприятий (всех типов) агропромышленного комплекса России, задействованных в производственном процессе.*

*Ключевые слова: техника, тракторы, комбайны, сельское хозяйство, предприятие, производство, темп, динамика, процесс.*

## DYNAMICS OF PRODUCTION AND PROVISION OF AGRICULTURAL MACHINERY OF THE RUSSIAN AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

**A. L. Arutyunov**

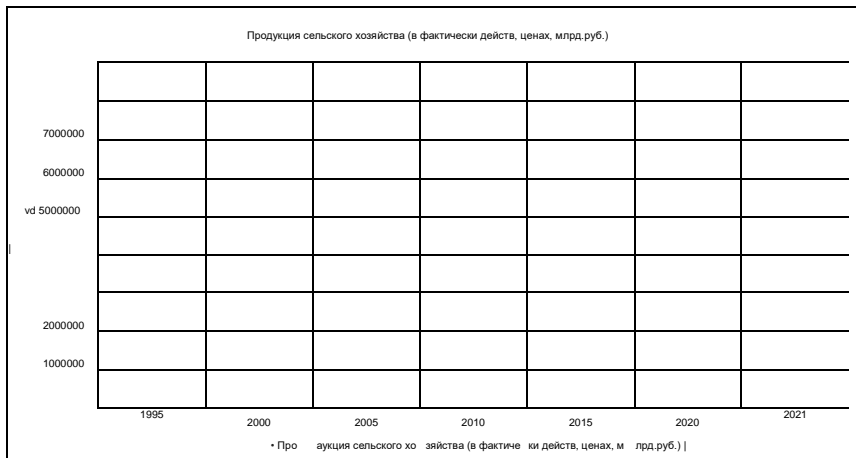
*Central Economic and Mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

***Abstract.** In the article presents the main rates of production dynamics and further provision of agricultural machinery (tractors and combines) to enterprises (of all types) of the agro-industrial complex of Russia involved in the production process.*

***Keywords:** machinery, tractors, combines, agriculture, enterprise, production, pace, dynamics, process.*

После интенсивного спада основных показателей сельскохозяйственного производства в постсоветской России 90-х гг., связанных с глобальными социально-экономическими и политическими потрясениями в РФ, в начале 2000-х гг. (начиная с 2002 по 2004 гг.) в агропромышленном комплексе РФ (АПК России) наметился некий экономический рост темпов динамики основных показателей в отраслях АПК, примерно со среднегодовыми темпами прироста в 3,7 % до 2011 года (рисунок 1). Данной положительной

динамике способствовало принятие ряда программ в рамках Национальных приоритетных проектов [1], утвержденных Правительством РФ в области развития АПК страны в среднесрочной перспективе.



**Рисунок 1 - Темпы динамики производства продукции на предприятиях АПК РФ с 1995 по 2021 гг. (в хозяйствах всех категорий, в стоимостном выражении)**

Как следствие интенсивного роста динамики показателей продукции сельского хозяйства (как в физическом, так и стоимостном выражении продукции растениеводства и животноводства), увеличилась потребность в производстве и закупках основных видов сельскохозяйственной техники (в основном тракторов, комбайнов, сеялок и косилок) для проведения основных сезонных сельскохозяйственных работ (посевные и уборочные работы, внесение минеральных и органических удобрений, химическая защита растений, проведение работ по химической мелиорации, а также снятие и использование плодородного слоя почвы), в сельскохозяйственных предприятиях всех типов (включая сельхозпредприятия и организации, хозяйства населения, крестьянские / фермерские хозяйства).

**Таблица 1 - Динамика производства тракторов и комбайнов**

	1995	1999	2005	2010	2015	2020	2021***
Тракторы* (тыс. шт.)	21,2	15,4	8,6	6,9	6,3	7,2	-
Комбайны" (шт.)	6860	2518	8350	4568	6100	5400	-

\*Тракторы, включая тракторные плуги, сеялки, культиваторы [2-4]

"Комбайны, включая зерноуборочные, картофелеуборочные, льноуборочные, кормоуборочные.

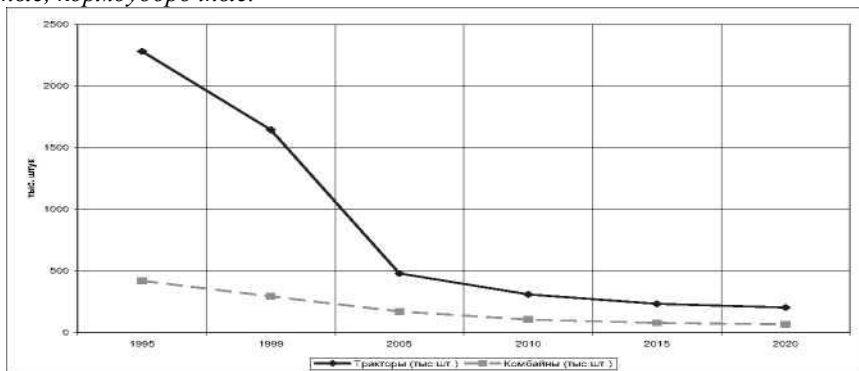
\*\*\*2021 - данные не представлены ФСГС РФ (Росстат).

**Таблица 2 - Динамика показателей парка основных видов техники в сельскохозяйственных предприятиях РФ**

	1995	1999	2005	2010	2015	2020	2021
Тракторы* (тыс. шт.)	2281,4	1645	480,3	310,3	233,6	203,6	-
Комбайны" (тыс. шт.)	420	294	171,1	105,5	79	68,1	-

\*Тракторы, включая тракторные плуги, сеялки, культиваторы [2-4]

"Комбайны, включая зерноуборочные, картофелеуборочные, льноуборочные, кормоуборочные.



**Рисунок 2 – Динамика показателей парка основных видов техники в сельскохозяйственных предприятиях РФ**

**Таблица 3 - Динамика списания (обновления) сельскохозяйственной техники на предприятиях АПК\***

	1995	1999	2005	2010	2015	2020	2021
Тракторы, %	8,8	6,2	6,7	5,1	4,6	3,6	-
Комбайны, %	12,8	10	12	9,1	7,5	5,6	-

Тракторы и комбайны всех типов.

\* В % от общего числа парка сельхозтехники.

А также, было приобретено новой сельскохозяйственной техники для сельскохозяйственных организаций с 2010 по 2020 гг. в среднем 3,4 % от общего числа сельхозтехники по тракторам и 4,1 % - по комбайнам.

Отрицательная динамика показателя парка по основным видам сельхозтехники (при интенсивном увеличении темпов роста продукции АПК) объясняется тем, что в результате проектирования более современных машин и оборудования сельскохозяйственной техники, на первое место выходит более высокая производительность (при постоянном увеличении КПД) современной техники, что является компенсирующим фактором низких темпов производства и дальнейшего обновления (закупок новой техники сельхозорганизациями) парка сельхозтехники на предприятиях АПК РФ.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Арутюнов А. Л. О перспективах использования основных и альтернативных видов топлив в сельскохозяйственном производстве России / А. Л. Арутюнов // Проблемы прогнозирования. Наука/Интерпериодика. - 2010. -№3.- С. 82-92.
2. Сельское хозяйство в России: Стат. Сб. / Госкомстат России. - М., 2000,-414 с.
3. Сельское хозяйство в России: Стат. Сб. / Госкомстат России. - М., 2018.-412 с.
4. Сельское хозяйство в России: Стат. Сб. / Госкомстат России. - М., 2020,-418 с.

#### ***Об авторе:***

**Арутюнов Арсен Левонович**, научный сотрудник, ФГБУН «Центральный экономико-математический институт Российской академии наук» (117418, Российская Федерация, Москва, Нахимовский проспект, 47).

#### ***About the author:***

**Arsen L. Arutyunov**, Research associate, Central Economic and Mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences (117418, Russian Federation, Moscow, Nakhimovsky Prospekt, 47).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИМЕРОВ ПРИ МОЙКЕ АВТОМОБИЛЕЙ

**А. А. Андреев, Е. А. Улюкина, С. К. Тойгамбаев, С. С. Гусев**  
*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

*Аннотация. В статье рассмотрены существующие варианты замкнутого цикла на автотранспортных мойках, показаны основные положительные моменты в имеющихся системах и предложен упрощенный вариант устройства самоочищающегося фильтра с полимерным фильтр-пакетом, который имеет много меньшие габариты, не требует высокой квалификации по эксплуатации фильтра, кроме того соответствует требованиям как для технической воды, так и для питьевой.*

*Ключевые слова: вода, автомойка, фильтр, полимер, самоочищающийся фильтр, водоподготовка, насос.*

## USE OF POLYMERS IN CAR WASH

**A. A. Andreev, E. A. Ulyukina, S. K. Toygambayev, S. S. Gusev**  
*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

**Abstract.** *The article discusses the existing closed-cycle options for motor vehicle car washes, shows the main positive aspects in the existing systems and offers a simplified version of the device of a self-cleaning filter with a polymer filter bag, which has many smaller dimensions, does not require high qualifications for the operation of the filter, in addition meets the requirements for both process water and for drinking.*

**Keywords:** *water, car wash, filter, polymer, self-cleaning filter, water treatment, pump.*

В современном мире экология очень актуальная тема и чистота автотранспорта тоже часть культуры, которая определяет уровень образования людей. Автомойки автомобилей имеют очень разноплановый подход в бизнес процессах предпринимателей, но есть требования и стандарты, которые необходимо выполнять. Автомобильный парк растет во всем мире и спрос на услугу растет, так как все больше людей приобретают личные



автомобили, растет количество перевозок. На сегодняшний день, прежде, чем открыть свою автомойку, необходимо оборудовать очистные сооружения, которые являются главным звеном в работе сервиса, особенно если это вблизи водоемов или территория не оборудована необходимой канализацией. Поэтому оборудование должно быть качественным, износостойким, безопасным для людей и окружающей среды с системой замкнутого круга.

В день на автомойке может расходоваться до сотни литров воды. Большой расход водных ресурсов может вызвать негативные последствия для экосистемы - загрязнение подземных вод и почвы.

Для эффективной работы автомойки необходимо обустроить ее очистными сооружениями. Очистные сооружения для автомойки выполняют важные функции - обратное водоснабжение и удаление из стока воды загрязнений различных видов и плотности. Для мытья машин применяется обратная вода. Очистные сооружения имеющие замкнутый цикл вторично применяют уже использованную воду, которая перед этим проходит процесс фильтрации. После того, как полностью пройден процесс очистки, объем воды уменьшается на 10..15%.

Технология системы регенерации воды:

Замкнутый цикл автомойки создается для очистки воды после помывки автотранспорта и последующем ее использовании. Проблема с повторной эксплуатацией заключается в том, что ПАВы из стоков не убираются полностью, в емкости с очищенной водой мы имеем мыльную воду. При этом она может быть прозрачной и на вид очень чистой. Однако если мы только лишь очищенной водой (с ПАВами в своем составе) помоем автомобиль, то полученный результат не будет нас устраивать - транспортное средство будет покрыто белым налетом.

1. Подготовка чистой воды. Система подготовки и подачи чистой воды имеет в себе емкости для аккумуляирования резервной чистой воды, насосную станцию, фильтр тонкой очистки и запорную арматуру. Емкость наполняется чистой водой с внешнего источника из расчета 15..25 литров жидкости на транспортное средство. После емкостей в системе устанавливается проходной фильтр тонкой очистки со сменным картриджем с пропускным диаметром не более одного дюйма. При использовании в процессе

помывки очищенная вода после фильтрации поступает на трехходовой кран для дальнейшего использования на аппаратах высокого давления в моечном процессе транспортного средства.

2. Помывка транспорта на моечном посту. Осуществляется с использованием аппарата высокого давления, который нагнетает на копье пистолета давление воды около 220 бар (расход воды на выходе 10...15 литров в минуту). Также при использовании автошампуней для качественной мойки используется пенокомплект, входящий в состав моечного комплекса.

Цикл помывки делится на следующие этапы:

А) Первоначальный облив автомобиля и снятие наложений наиболее грязных участков кузова производится оборотной (очищенной) водой.

Б) Обработка поверхности автомобиля автошампунями для качественной мойки, нанесение автошампуня производится только чистой водой, с промежуточным отстаиванием и смыванием. Включает несколько этапов нанесения в зависимости от используемой химии. Смыв пены можно производить очищенной (оборотной) водой.

В) Финальное окатывание транспорта новой чистой водой для завершения цикла мойки с дальнейшей протиркой и сушкой.

3. Сбор и чистка загрязненной воды. После второго этапа отработанная вода стекает через решетчатый пол моечного поста в сборную ванну находящуюся под моечным постом. В данной емкости происходит оседание тяжелых составляющих отработанной воды в виде песка, грязи, листвы и других крупных частиц. С определенным циклом данная ванна обслуживается и очищается от скопившегося осадка. После этого загрязненная вода при использовании поверхностного насоса и системы контроля переполнения ванны, поступает на универсальную систему очистки отработанной воды, в которой происходит циклическая очистка отработанной воды для очищения поступающей воды от средней взвеси и нерастворенного и растворенного нефтешлама и ПАВ.

4. Использование оборотного водоснабжения. Применяется в цикле мойки автомобилей, на этапе первоначального сбива грязи с автомобиля и в процессе смывания автошампуней и другой химии. Очищенная вода с накапливающего резервуара проходит через фильтр тонкой очистки со сменным фильтрующим

картриджем и поступает на трехходовой кран для последующего использования в моечном цикле. В процессе использования системы водоочистки необходимо максимально беречь чистую воду и снижать её расход к минимуму, чтобы общая система водооборота не переполнялась. Ополаскивание происходит именно чистой водой и как правило в объеме 10...15 % от общего количества воды. Таким образом происходит пополнение уже очищенной воды, содержащей ПАВы. В итоге, когда у вас закончится чистая вода, а емкость с очищенной (оборотной) будет полна - следует очищенную воду утилизировать.

В качестве фильтра тонкой очистки используются проточные системы. Водоочиститель состоит из блоков в количестве от одного до четырех.

В первой колбе происходит отдаление нерастворимых крупниц на ситах из полимеров; следующие модули содержат вкладыши с поглотителями. Сорбция выполняется на наполнителях из спрессованного активного угля или органических смол.

Также существуют фильтры, в основе работы которых обратный осмос, но данные фильтрующие системы имеют достаточно высокую цену и малый ресурс, при использовании под нужды очистной станции их установка не целесообразна. Фильтры с обратным осмосом используют для изготовления питьевой воды.

Новый фильтр из полимерных материалов для подготовки воды на автомойки в замкнутом цикле позволит усилить работу системы водоподготовки и упростит саму конструкцию фильтрапатрона. Тонкость и полнота очистки материалами на основе полимеров показана в таблице 1.

Течение воды в цилиндрической пористой перегородке имеет отличия от аналогичного процесса в плоской перегородке, так как средняя скорость потока воды (скорость фильтрования) изменяется в радиальном направлении и для каждого цилиндрического сечения зависит от радиуса этого сечения.

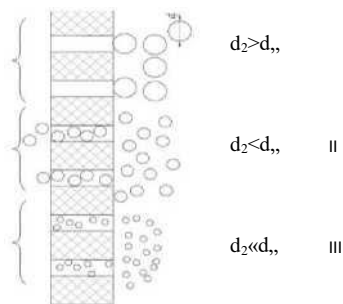
Пористые материалы типа ПГС-полимеров имеют довольно узкий диапазон распределения пор по размерам (отклонения составляют не более 10 % от номинального значения), поэтому при определении ресурса работы этих материалов можно принять допущения, что поры распределены по сечению материала равномерно, размеры всех пор материала (длина и диаметр) равны

между собой, т. е. его структура является однородной, а диаметр пор не изменяется по толщине материала.

**Таблица 1 - Тонкость и полнота очистки материалами на основе полимеров**

Материал	Тонкость фильтрования, мкм		Полнота фильтрования, %
	абсолютная	номинальная	
ПГС-полимер резорцин + формальдегид толщиной 5 мм	10	5	95
ПГС-полимер карбамид + формальдегид толщиной 5 мм	10	5	93
Фильтробельтинг с пропиткой ПГС-полимером (резорцин + формальдегид)	10	5	91
Нетканый материал с пропиткой ПГС-полимером (резорцин + формальдегид)	15	10	83
Фильтрационная бумага с пропиткой ПГС-полимером (карбамид + формальдегид)	15	10	71
Лавсан с пропиткой ПГС-полимером (карбамид + формальдегид)	10	5	94
Х.б. ткань с пропиткой ПГС-полимером (карбамид + формальдегид)	10	5	92

В связи с этим твердые загрязнения будем рассматривать как полидисперсную систему, состоящую из частиц, размер которых колеблется в широком диапазоне, а фильтрующий материал - как однородную пористую структуру с фиксированным размером пор. Следовательно, влияние твердых частиц загрязнений на гидравлические и ресурсные свойства фильтрующего материала зависят от размеров этих частиц, все многообразие которых с достаточной степенью достоверности можно разделить на три группы как показано на рисунке 1.



**Рисунок 1 - Схема взаимодействия частиц загрязнений с пористой перегородкой:**

*1 - частицы с размерами, превышающими размер пор или равными ему ( $d_2 > d_n$ ); 2 - частицы с размерами, меньшими размера пор ( $d_2 < d_n$ ); 3 - частицы с размерами, значительно меньшими размера пор ( $d_2 \ll d_n$ ).*

Можно считать, что частицы загрязнений первой группы задерживаются фильтрующим материалом по механизму простого отсеивания, когда одна частица полностью закупоривает одну пору. Частицы загрязнений второй группы, механизм задержки которых носит более сложный характер, оседают внутри пор, частично перекрывая их живое сечение.

Ввиду сложности анализа этих явлений процесс фильтрования воды через пористую перегородку целесообразно рассматривать, как вероятностный, определяемый соотношением размеров твердых частиц загрязнений и пор фильтрующего материала, не углубляясь в составляющие этот процесс, конкретные механизмы.

Фильтрующие материалы, изготовленные на основе ПГС-полимеров по своим свойствам удовлетворяют требованиям, предъявляемым при очистке воды, а конструкция самоочищающегося фильтра позволяет производить очистку без замены фильтр-пакета.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Гусев, С. С. Эффективность регенерации отработанных нефтяных масел с помощью ПГС-полимеров / В. П. Коваленко, Е. А. Улюкина, Е. Н. Пирогов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». - 2004. - № 1.-С. 102.

1. Некрасов, С. И. Повышение эффективности эксплуатации парка машин в условиях предприятия ООО «Транслогистик» / С. И. Некрасов // Сборник студенческих научных работ : по материалам докладов 72-й Международной студенческой научно-практической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения А. Г. Дояренко, Москва, 26-29 марта 2019 года. Том Выпуск 26. - М. : Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева, 2019.- С. 87-90.

3. Патент на полезную модель № 205889 U1 Российская Федерация, МПК В01D 35/12, В01D 29/39, В01D 29/41. Самоочищающийся фильтр : №2021113888 : заявл. 17.05.2021 : опубл. 11.08.2021 / А. А. Андреев, А. С. Апатенко, Е. А. Улюкина, С. С. Гусев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева».

4. Дидманидзе, О. Н. Основы работоспособности и надежность технических систем / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев. - М. : Учебно-методический центр «Триада», 2020. - 232 с.

5. Работоспособность технических систем / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. - М. : Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева, 2022. - 379 с.

6. Тойгамбаев, С. К. Установка для мойки автомобилей и расчеты ее параметров // Актуальные проблемы современной науки. -2015.-№ 5 (84). -С. 173-177.

7. Белоусов, М. Ю. Экологическая концепция развития автомобильного транспорта / М. Ю. Белоусов, А. И. Худашова, Н. Н. Пуляев // Актуальные проблемы в современной науке и пути их решения : Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции, Москва, 31 октября 2017 года / Под редакцией О. Н. Дидманидзе. - М. : Учебно-методический центр «Триада», 2017. - С. 182-188.

8. Дидманидзе, О. Н. Общий курс транспорта / О. Н. Дидманидзе, Ю. С. Коротких, Н. Н. Пуляев. - М. : Общество с ограниченной ответственностью «Автограф», 2019. - 90 с.

### **Об авторах:**

**Андреев Александр Александрович**, аспирант кафедры «Технический сервис машин и оборудования», ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), Ato215@yandex.ru.

**Улюкина Елена Анатольевна**, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49) доктор технических наук, eulykina@rgau-msha.ru.

**Тойгамбаев Серик Кокибаевич**, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, [toygambaev@rgau-msha.ru](mailto:toygambaev@rgau-msha.ru)

**Гусев Сергей Сергеевич**, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, [gusev.s@rgau-msha.ru](mailto:gusev.s@rgau-msha.ru)

***About the authors:***

**Alexander A. Andreev**, postgraduate student of the Department of «Technical Service of Machinery and Equipment», Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), [Ato215@yandex.ru](mailto:Ato215@yandex.ru).

**Elena A. Ulyukina**, Associate Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), D.Sc. (Engineering), [eulykina@rgau-msha.ru](mailto:eulykina@rgau-msha.ru).

**Serik K. Toigambayev**, Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), D.Sc. (Engineering), [toygambaev@rgau-msha.ru](mailto:toygambaev@rgau-msha.ru).

**Sergey S. Gusev**, Associate Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Engineering), [gusev.s@rgau-msha.ru](mailto:gusev.s@rgau-msha.ru).

## ОЦЕНКА УРОВНЯ ДЕФЕКТНОСТИ ЦИЛИНДРОВ

**П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

***Аннотация.** В статье рассмотрено применение методики квалиметрической оценки уровня дефектности гильзы цилиндров двигателя ЗМЗ после расточки под ремонтный размер.*

***Ключевые слова:** дефектность, гильза цилиндров, качество, квалиметрическая оценка.*

## ASSESSMENT OF THE LEVEL OF DEFECTIVENESS OF CYLINDER LINERS

**P. V. Golenitsky, U. Y. Antonova**

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

***Abstract:** The article considers the application of the methodology for qualimetric assessment of the level of defectiveness of the cylinder liner of the ZMZ engine after boring to the repair size.*

***Keywords:** defectiveness, cylinder liner, quality, qualimetric assessment.*

Современное сельское хозяйство невозможно представить без техники. Создаются новые современные виды машин [1,2], повышается их надежность [3] и улучшаются методы диагностирования неисправностей [4]. Комплексная оценка уровня дефектности представляет собой применение суммарных показателей качества продукции или услуги [5]. Использование данного метода применительно в случаях, когда необходимо оценить дефектность изделий с высокой точностью. Комплексный показатель совокупности различных свойств  $P_k$ , включает в себя значимость каждого из отдельных показателей качества  $P_i$ , т.е. учитывает степень влияния отдельных составляющих величин на суммарный уровень дефектности [6].

При оценке единичных показателей качества в первую очередь применяют дифференциальный метод, далее определяют



значения относительных показателей дефектности в каждой группе (P<sub>j</sub>).

При проведении комплексного метода оценки качества необходимо производить расчет средневзвешенных величин совокупностей всех учитываемых характеристик продукции, услуги или процесса.

Основные формулы для расчета показателей дефектности представлены в таблице 1.

**Таблица 1 - Таблица расчетов показателей дефектности**

№	Параметр	Формула	Расшифровка формулы
1	Показатель дефектности в каждой группе (a)	$P = \sum_{i=1}^n m \cdot qi$	M <sub>i</sub> - значение коэффициента весомости i-го единичного свойства (показателя); q <sub>i</sub> - величина i-го дифференциального показателя качества изделия; n - количество единичных показателей в данной у-й группе показателей
2	Значение i-го дифференциального показателя дефектности	$qi = Pi^{\alpha} p$	P <sub>i</sub> - i-й показатель качества оцениваемого образца; p, " - i-й показатель качества базового образца
3	Обобщенный (суммарный) показатель дефектности	$P_{об} = \sum_{j=1}^n M_j \cdot p$	- коэффициент весомости /-ой группы показателей; n - число групп показателей качества
4	Среднее гармоническое взвешенное значение показателей качества	$P = \frac{\sum M}{\sum \frac{M}{P}}$	
5	Среднее квадратическое взвешенное значение показателей качества	$P_{св} = \sqrt{\sum E \cdot P_j^2}$	
6	Среднее геометрическое взвешенное значение показателей качества	$p = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n p_j^{\beta}}$	
7	Уровень дефектности продукции	$P = \frac{P}{K} \cdot P_6$	

Из вышеуказанных зависимостей следует, что при расчете комплексного показателя качества или дефектности необходимо правильно определить величины коэффициентов весомости ( $M$ ), а значения показателей качества ( $P$ ) устанавливаются расчетными, лабораторными, органолептическими, экспертными и другими методами.

По представленным формулам была проведена квалиметрическая оценка уровня дефектности итогового контроля гильзы цилиндров после ремонта под 1-й ремонтный размер (1PP). В данной методике рассматривались две базовые группы - непосредственно сам технологический процесс обработки гильз цилиндров под 1PP, а также процесс комплектации гильзы с поршнем. В связи с тем, что каждая из двух групп является одинаково весомой, значение коэффициента весомости ( $M$ ) принимались равными 0,5.

Коэффициент весомости единичного показателя дефектности ( $m$ ) рассчитывался из учета экономических потерь по каждому дефекту. При процессе обработки гильз цилиндров рассматривались такие дефекты как, исправимый и неисправимый брак, параметры шероховатости внутренней поверхности гильзы цилиндров, несоответствие допуска формы, царапины, трещины, раковины. При процессе комплектации гильз цилиндров и поршней учитывалось незавершенное производство и вероятность перехода деталей в соседние группы селекции.

Для снижения уровня дефектности процесса ремонта гильз цилиндров под 1PP рекомендовано применять более точное средство измерений, из имеющихся на ремонтном предприятии, для сокращения перехода деталей в соседние группы селекции [7, 8], а также применять методы межгрупповой взаимозаменяемости для сокращения незавершённого производства [9,10]. Применение метода межгрупповой взаимозаменяемости позволит исключить полностью незавершенное производство, что способствует снижению затрат [11, 12]. Также формируется запас на износ, возрастет стабильность зазоров в посадке, эксплуатация соединения начинается практически с наименьшего зазора, что уменьшит шумы, расход масла на угар, повышает компрессию, мощность двигателя, долговечность соединения.

В таблице 2 представлены значения параметров, полученные при проведении квалиметрической оценки уровня дефектности.

**Таблица 2 - Сводная таблица расчетов показателей дефектности процесса ремонта гильз цилиндров**

№	Параметр	Обозначение	Значение
1	Относительный показатель дефектности	$P_i$	-
1.1	Процесс обработки гильз цилиндров под 1PP	$P_{i1}$	0,128
1.2	Процесс комплектации	$P_{i2}$	0,351
2	Обобщенный (суммарный) показатель дефектности	$P_{об}$	0,24
3	Среднее гармоническое взвешенное	$P$	1,0
4	Среднее квадратическое взвешенное	$P_{кв}$	0,38
5	Среднее геометрическое взвешенное	$p$	0,21
6	Уровень дефектности процесса	$L$	0,24

Таким образом, проведение мероприятий, таких как, выбор более точного средства измерения и применение межгрупповой взаимозаменяемости при комплектации гильз цилиндров, позволит снизить уровень дефектности на 76 %.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Трухачев, В. И. Какие сельскохозяйственные тракторы нужны завтра России? / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар : сборник статей, Москва, 22-24 января 2020 года. - М. : ООО «Мегаполис», 2020. - С. 11-19.
2. Дидманидзе, О. Н. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. - 2020. -Т. 21. - № 1.- С. 74-85.
3. Дидманидзе, О. Н. Основы работоспособности и надежность технических систем / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев. - М. : Учебно-методический центр «Триада», 2020. - 232 с.
4. Дидманидзе, О. Н. Тенденции развития цифровых технологий диагностики технического состояния тракторов / О. Н. Дидманидзе, А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев // Техника и оборудование для села. - 2020. - № 11(281).- С. 39-43.-DOI 10.33267/2072-9642-2020-11-39-41.
5. Методика оценки качества процессов предприятий технического сервиса / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова // Компетентность. - 2021. - №2. - С. 32-38.
6. Леонов, О. А., Технология контроля качества продукции / О. А. Леонов, Г. И. Бондарева. - М. : Издательство РГАУМСХА, 2016. - 142 с.
7. Обоснование замены индикаторных головок на цифровые при контроле ремонта машин / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба и др. // Сельский механизатор. - 2022. - № 4,- С. 26-27.

8. Шкаруба, Н. Ж. Влияние погрешностей измерения на результаты разбраковки при дефектации деталей машин / Н. Ж. Шкаруба // Тракторы и сельхозмашины. - 2016. - №2. - С. 41-43.

9. Антонова, У. Ю. Обоснование методов и средств контроля качества при ремонте соединения «поршень - гильза» : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Антонова Ульяна Юрьевна. - Москва, 2019. - 159 с.

10. Метрологическое обеспечение контроля гильз цилиндров при ремонте дизелей / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, У. Ю. Антонова // Вестник Барановичского государственного университета. Серия «Технические науки». - 2018. - № 6.

11. Леонов, О. А. Методика оценки внутренних потерь для предприятий ТС в АПК при внедрении системы менеджмента качества / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. - 2012. - № 1 (52). - С. 128129.

12. Леонов, О. А. Методология оценки затрат на качество для предприятий / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. - 2007.- №5(25).-С. 23-27.

#### ***Об авторах:***

**Голиницкий Павел Вячеславович**, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук.

**Антонова Ульяна Юрьевна**, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук.

#### ***About the authors:***

**Pavel V. Golinitzky**, Associate Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Engineering).

**Ulyana Yu. Antonova**, Associate Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Engineering).

## ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА

**И. В. Голиницкий, Э. И. Черкасова, У. Ю. Антонова**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

***Аннотация.** Работа посвящена применению цифровых технологий с целью проведения оценки эффективности технологических процессов перерабатывающих производств.*

***Ключевые слова:** цифровизация, моделирование, индустрия 4.0, перерабатывающие производство.*

## THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES TO EVALUATE THE EFFICIENCY OF PROCESSING PRODUCTION PROCESSES

**P. V. Golinitzky, E. I. Cherkasova, U. Y. Antonova**

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

***Abstract:** The work is devoted to the use of digital technologies in order to assess the effectiveness of technological processes of churning industries.*

***Keywords:** digitalization, modeling, industry 4.0, processing industry.*

Появление цифровых технологий оказало серьёзное воздействие на все отрасли экономики, позволив повысить эффективность различных процессов [1-5]. В производстве совокупность цифровых технологий получила название Индустрия 4.0 [6-9]. В рамках этой концепции многие предприятия стремятся перейти на полностью автоматизированное производство, зачастую не уделяя должного внимания эффективности [10-12]. Для решения этой задачи можно использовать цифровые двойники процессов, которые помогают спрогнозировать эффективность от внедрения. С целью оптимизации затрат на разработку цифровых двойников процессов её целесообразно проводить в среде BPM программ, позволяющих не только создавать процессы и проводить их

актуализацию, основываясь на принятых стандартах безопасности, но и проводить моделирование различных ситуаций.

При выборе программы данного типа необходимо руководствоваться не только возможностью построения графических моделей, но также и поддерживаемыми нотациями, возможностью проведения моделирования процесса и интеграцией с ERP-системами. Данные действия можно считать начальным этапом на пути к цифровизации производства.

При этом создание цифрового двойника производственной линии хоть и требует специфических прикладных знаний, но не является невыполнимой задачей особенно для специалистов по управлению качеством. Используя специализированное программное обеспечение, нами была построена часть технологического процесса, непосредственно связанная с критическими контрольными точками в нотации BPMN (рисунок 1).

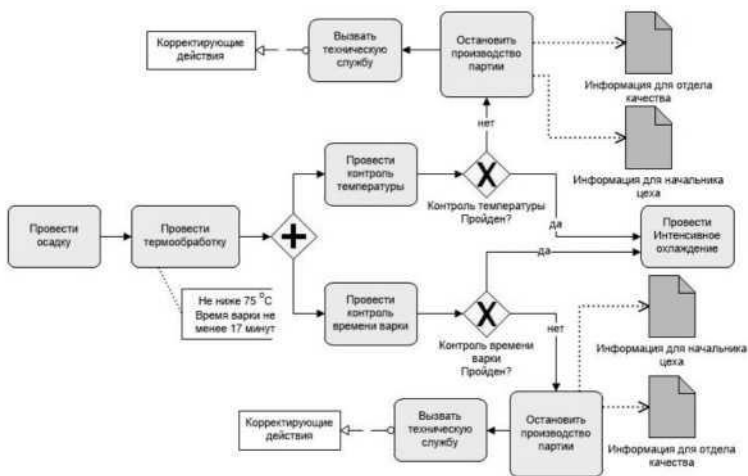


Рисунок 1 - Часть технологического процесса в нотации BPMN

При использовании данной блок-схемы повышается восприятие параметров технологического процесса персоналом, что позволяет при обучении максимально доступно донести информацию повысив её усвояемость, а при возникновении нештатных ситуаций повысить скорость реакции. Данное построение требует детальной проработки рассматриваемого процесса, поскольку

именно от этого этапа будет зависеть корректность дальнейших шагов по цифровизации производства.

После построения цифрового двойника можно проводить имитационное моделирование процессов, позволяющее выявить используемые временные и материальные ресурсы, а также постоянные расходы.

В настоящее время руководители перерабатывающих предприятий считают, что цифровизация может быть полезна только при полностью автоматизированном процессе, в котором практически исключен человеческий фактор. Поэтому для моделирования нами были выбраны следующие варианты:

- Базовый - при данном варианте используются статичные процессы, контроль осуществляется технологом по рабочим листам с отображением всего процесса в виде блок-схемы.

- Полуавтоматизированный - процесс контролируется технологом согласно модели, построенной в нотации BPMN.

- Автоматизированный - процесс контролируется оборудованием согласно загруженной модели BPMN.

Исходные данные для проведения нашего моделирования были взяты с реального производства, на котором применялись последовательно различные способы управления. Первоначально моделирование проводят для стабильного процесса т.е. без учета затрат на корректирующие действия, связанные с появлением забракованной продукции.

В результате моделирования различных типов контроля рассматриваемой части процесса наибольшее затраты времени связаны с человеческим фактором, в то же время именно промедление на данных этапах может повлечь как значительные финансовые потери, так и негативные последствия, связанные с рисками для здоровья потребителя [13].

Не один производственный процесс не может проходить бездефектно, следовательно, возникает забракованная продукция, в связи с чем цифровая модель должна предусматривать и корректирующие действия [14-16]. Так при базовом варианте объем брака составляет до 10 %, а время на корректирующие действия от 10 мин, для полуавтоматизированной системы эти значения будут

до 5 % и не менее 4 мин., а при полностью автоматизированной системе до 1% и до 1 мин. соответственно.

При этом стоит отметить, что полуавтоматизированные системы в первую очередь направлены на предупреждения возникновения отклонений, благодаря этому можно своевременно в рамках планового технического обслуживания снизить процент брака и достичь показателей сопоставимых с полностью автоматизированными системами.

На протяжении последних десятилетий многие отрасли промышленности активно развивают и вкладывают средства в цифровые технологии, с целью сокращения расходов и получения прибыли. И если до недавнего времени ИТ технологии использовали в основном в сфере управления персоналом, финансами, то в настоящее время цифровые технологии используют в проектировании, производстве и обслуживании продукции для оптимизации процессов, снижения затрат и выпуска дефектной продукции. Но внедрении цифровых технологий требует определенного уровня знаний у специалистов технологов, которых не хватает на рынке труда. Следовательно, необходимо внедрять наиболее автоматизированные технологии для ведения бизнес-процессов.

В настоящее время сформировался устойчивый тренд на цифровизацию всех сфер деятельности, в том числе и в производстве (индустрия 4.0). При этом бытует мнение, что это сложный и дорогостоящий процесс выгоды от которого можно получить только в отдаленном будущем, когда накопится большой массив данных и только при наличии дорогостоящего оборудования, но даже без серьёзных вложений идя эволюционным путем можно значительно приблизиться к желаемым результатам.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Дидманидзе, О. Н. Ultra Car: области применения / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, Г. Н. Смирнов // Ремонт. Восстановление. Модернизация.- 2005.-№ 4,-С. 11-14.

2. Руководство по диагностике, ТО и ремонту комбинированной энергоустановки гибридного автомобиля Toyota Prius NHW20/0 / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, Д. Г. Асадов [и др.]. - М. : ООО «Издательство «Триада», 2006. - 357 с.



3. Semenova, K. S. Methodology for monitoring soil moisture in systems of double-acting irrigation / K. S. Semenova, O. V. Kablukov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 6, Krasnoyarsk, 18-20 ноября 2021 года. - Krasnoyarsk, 2022.

4. Семенова, К. С. Методика мониторинга двустороннего регулирования влажности почвы при эксплуатации инженерных мелиоративных систем / К. С. Семенова, О. В. Каблуков // Природообустройство. - 2021. - № 4. - С. 23-30.

5. Семенова, К. С. Обоснование использования спутниковых снимков Landsat для мониторинга мелиорируемых земель / К. С. Семенова, С. А. Киселев // Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения В.П. Горячкина, Москва, 06-07 июня 2018 года. - М.: Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева, 2018. - С. 689-692.

6. Голиницкий, П. В. Применение ГГ-технологий при маркировке запасных частей сельскохозяйственной техники / П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова, К. И. Ханжиян // Компетентность. - 2019. - № 5. - С. 36-39.

7. Черкасова, Э. И. Современные методы маркировки кондитерских изделий / Э. И. Черкасова, П. В. Голиницкий // Компетентность. - 2020. - № 2, - С. 34-38.

8. Влияние цифровизации на эффективность технологических процессов современного производства / П. В. Голиницкий, Э. И. Черкасова, Ю. Г. Вергазова, У. Ю. Антонова // Компетентность. - 2021. - №8. - С. 48-54.

9. Совершенствование QFD-анализа для оценки качества специальной техники / Н. Ж. Шкаруба, О. А. Леонов, Г. Н. Темасова [и др.]. - Москва : Логос, 2020. - 90 с.

10. Методика расчета эффективности функционирования системы менеджмента качества / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Компетентность. - 2020. - №3. - С. 26-31.

11. Леонов, О. А. Элементы системы ХААСП при производстве варенокопченых колбас / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Пищевая промышленность: наука и технологии. - 2018. - Т. - 11. - № 2 (40). - С. 44-52.

12. Леонов, О. А. Оценка качества измерительных процессов при производстве полуфабрикатов мяса птиц / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, А.А. Одицова // Международный технико-экономический журнал. - 2019. - № 2. - С. 33-40.

13. Леонов, О. А. Методология оценки затрат на качество для предприятий / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. - 2007. - №5(25).-С. 23-27.

14. Quality assessment of temperature measurements in incoming inspection of raw meat / O. A. Leonov, N. Zh. Shkaruba, E. I. Cherkasova, A. A. Odintsova // IOP Conference Series: Metrological Support of Innovative

Technologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. - 2020. - С. 32030.

15. Leonov, O. A. Quality and safety monitoring production of boiled-smoked sausages / O. A. Leonov, N. Zh. Shkaruba // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2021. - С. 22089.

16. Леонов, О. А. Мониторинг критических контрольных точек при производстве полуфабрикатов мяса птиц / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // В сборнике: Доклады ТСХА. Материалы международной научной конференции.-2018.-С.91-93.

### ***Об авторах:***

**Голиницкий Павел Вячеславович**, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук.

**Черкасова Эльмира Исламовна**, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат сельскохозяйственных наук.

**Антонова Ульяна Юрьевна**, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук.

### ***About the authors:***

**Pavel V. Golinitzky**, Associate Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Engineering).

**Elmira I. Cherkasova**, Associate Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Agricultural).

**Ulyana Yu. Antonova**, Associate Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Engineering).

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МАШИН ДЛЯ АПК

**О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, Г. Н. Темасова**  
*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА  
имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

***Аннотация.** Научно обоснованы причины низкого качества производства отечественно техники для АПК. Выделены пять базовых элементов, оказывающих существенное влияние на качество: работники, методы, материалы, оборудование и контроль.*

***Ключевые слова:** производство, качество, методы, измерения, контроль, оценка.*

## MODERN PROBLEMS OF ENSURING THE QUALITY OF PRODUCTION OF DOMESTIC MACHINES FOR AGRICULTURE

**O. A. Leonov, N. J. Shkaruba, Yu. G. Vergazova, G. N. Temasova**  
*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy,  
Moscow, Russian Federation*

***Abstract.** The reasons for the low quality of production of domestic machinery for the agro-industrial complex are scientifically substantiated. Five basic elements that have a significant impact on quality are identified: employees, methods, materials, equipment and control.*

***Keywords:** production, quality, methods, measurements, control, evaluation.*

Идеология, методы и инструменты менеджмента качества проникают во все сферы жизни человека. Особенно это касается технических изделий, так как именно они являются главной движущей силой прогресса - без машин и оборудования, которые занимают производственными процессами, начиная от добычи полезных ископаемых, их переработки, обработки и кончая транспортными процессами, невозможно представить себе современное человечество.

Отдельную нишу среди многообразия техники занимают машины для сельского хозяйства. Это специальная техника для обработки почвы, посева, внесения удобрений, уборки урожая и т.п. Отечественная техника для сельского хозяйства имеет отличительные черты по сравнению с зарубежной. Она дешевле, проще в обслуживании, но менее качественна, с учетом того, что в понятие «качество» заложены показатели надежности, такие, как долговечность, сохраняемость и ремонтпригодность. Еще один важный момент заключается в том, что до сих пор производится та техника, которая была спроектирована при социализме, может быть с небольшими изменениями и улучшениями, модернизированная, но «остов» остается тот же. Это связано с развалом такого крупного НИИ, как ВИСХОМ, с отсутствием развития отечественных машиностроительных заводов, производящих технику для сельского хозяйства (Моссельмаш, Рязанский комбайновый завод, Красноярский завод комбайнов и многие другие). Наша техника оказалась неконкурентоспособна по сравнению с зарубежной, да и ситуация в сельском хозяйстве на протяжении 90-х и начала 2000х годов в России оставляла желать лучшего - некому было покупать наши машины. А крупные холдинги с зарубежным акционированием, пришедшие на наши земли, используют свою технику и технологии.

Попробуем провести анализ проблем с качеством (основой конкурентоспособности) отечественной сельскохозяйственной техники, применив «принцип 5М» [1] - mens (люди), methods (методы), materials (сырье и материалы), machines (оборудование), measures (контроль).

Первый элемент - сырье и материалы (materials). Заложенные в конструкцию при социализме дешевые марки стали, чугуна и других материалов не позволяют проектировать высококачественные машины для сельского хозяйства. Отсюда - быстрый износ, коррозия и потеря работоспособности. Такой показатель, как килограммовые цены на технику (цена по весу - руб./кг) в России отличаются от техники Европы, Японии и США от 2 до 10 раз. Например, комбайны, экскаваторы - в 1,5...5 раз, тракторы - в 2...3 раза. А в этом соотношении отражен технический уровень, качество, надежность, наукоемкость и другие важные показатели [2-4].

Второй элемент - орудия труда (machines). Сельхозмашиностроение имеет изношенный станочный парк, порой станки находятся за пределами амортизации, это и понятно, производство не массовое, прибыли нет, рентабельность отсутствует, откуда взять средства на покупку оборудования? Беда еще и в том, что эти станки с низкими показателями точности, что значительно увеличивает количество брака, который, в свою очередь, ведет к потере потребителя [5].

Третий элемент - человек (man). Кадровый потенциал в области проектирования, производства и ремонта сельскохозяйственной техники в настоящее время не обновляется, прилив молодых сотрудников - ученых и инженеров, а, следовательно, и идей, очень мал. В НИИ и конструкторских бюро предприятий - та же проблема - очень мало кадров, особенно молодых, которые создавали бы современные конкурентоспособные агрегаты и машины. Квалифицированные рабочие в данной сфере деятельности появляются редко. Причина проста - низкая заработная плата персонала, а также слабая инфраструктура. Отдельно стоит вопрос подготовки кадров в области проектирования и конструирования машин для сельского хозяйства. Какой вуз России сейчас готовит таких специалистов?

Четвертый элемент - технологии (methods). Технологии создаются учеными при наличии определенной материальной базы - проектного, измерительного и испытательного оборудования. Нет возможности качественного проведения исследований - нет новых технологий. Удельный вес приборов с возрастным цензом от 10 до 50 лет в вузах и НИИ страны - более 50 %. В то же время, в колледжах Японии срок смены оборудования и технологий составляет 3...4 года и существенно обгоняет промышленные предприятия. Информационное обеспечение наших ученых находится на невысоком уровне из-за языкового барьера и малого круга общения.

Пятый элемент - контроль (measures). Контроль является краеугольным камнем отечественного производства в плане недопущения бракованных изделий к потребителю [6]. Повсеместно необходимо жестко ставить систему входного контроля, определять расходы на измерения и затраты на качество, причем главным образом - внутренние и внешние потери от брака [7]. Исходя из

опыта отечественных машиностроительных заводов, например, концерна «Группа ГАЗ», можно сделать вывод, что в массовом отечественном производстве дело с качеством продукции и сертификацией поставщиков находится на достаточно высоком уровне [8]. С другой стороны, перенос устаревших посадок на новые соединения приводит к тому, что старые натяги или зазоры не могут обеспечить заданные функциональные показатели новых соединений [9, 10]. Возникают преждевременные отказы, а при анализе причин брака указывают на недостаточную прочность или износостойкость конкретной поверхности детали.

Таким образом, рассмотрены факторы, влияющие на качество изготовления сельскохозяйственной техники по критериям 5М.

Для выхода из создавшейся ситуации необходимо готовить новую номенклатуру конструкторов по проектированию перспективных машин, которые бы использовали новейшую базу программного и измерительного обеспечения для проектирования и опытного производства деталей, узлов и агрегатов, применять современное роботизированное технологическое оборудование для производства и контроля качества. Все вышеназванное требует больших затрат и здесь нужна поддержка государства, начиная с полного переоснащения технических отделений аграрных вузов и открытия специальности по конструированию сельскохозяйственной техники.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

ГГолиницкий, П. В. Совершенствование менеджмента качества на предприятиях АПК / П. В. Голиницкий, Ю. Г. Вергазова, У. Ю. Антонова // Компетентность. - 2018. - № 9-10 (160-161). - С. 63-68.

2. Дидманидзе, О. Н. Основы работоспособности и надежность технических систем / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев. - М. : Учебно-методический центр «Триада», 2020. - 232 с.

3. Дидманидзе, О. Н. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. -2020. -Т. 21. -№ 1. -С. 74-85. -DOI 10.30766/2072-9081.2020.21.1.74-85.

4. Трухачев, В. И. Какие сельскохозяйственные тракторы нужны завтра России? / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин // Чтения

академика В. Н. Болтинского : семинар : сборник статей, Москва, 22-24 января 2020 года. - М. : Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2020. - С. 11-19.

5. Дидманидзе, О. Н. Тенденции развития цифровых технологий диагностики технического состояния тракторов / О. Н. Дидманидзе, А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев // Техника и оборудование для села. - 2020. - № 11(281).- С. 39-43.-DOI 10.33267/2072-9642-2020-11-39-41.

6. Бондарева, Г. И. Основы проектирования операций входного контроля на машиностроительных предприятиях / Г. И. Бондарева. - М. : ООО «ОнтоПринт», 2020. - 89 с.

7. Леонов, О. А. Методология оценки затрат на качество для предприятий / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. - 2007. - № 5. - С. 23-27.

8. Научные основы организации системы менеджмента качества на предприятиях ТС в АПК/М. Н. Ерохин, В. В. Карпузов [и др.]. - Ставрополь : Логос, 2020. - 176 с.

9. Вергазова, Ю. Г. Влияние точностных и технологических параметров на долговечность соединения «вал-втулка» / Ю. Г. Вергазова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. - 2014. - № 3(63). - С. 17-19.

10. Леонов, О. А. Расчет посадок соединений со шпонками для сельскохозяйственной техники / О. А. Леонов, Ю. Г. Вергазова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. - 2014. - № 2(62). - С. 13-15.

### ***Об авторах:***

**Леонов Олег Альбертович**, заведующий кафедрой метрологии, стандартизации и управления качеством ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор, oaleonov@rgau-msha.ru.

**Шкаруба Нина Жоровна**, профессор кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, доцент, shkaruba@rgau-msha.ru.

**Вергазова Юлия Геннадьевна**, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, vergazova@rgau-msha.ru.

**Темасова Галина Николаевна**, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434,

Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат экономических наук, доцент, [temasova@rgau-msha.ru](mailto:temasova@rgau-msha.ru).

***About the authors:***

**Oleg A. Leonov**, Head of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), D.Sc. (Engineering), professor, [oaleonov@rgau-msha.ru](mailto:oaleonov@rgau-msha.ru).

**Nina Zh. Shkaruba**, professor of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), D.Sc. (Engineering), professor, [shkaruba@rgau-msha.ru](mailto:shkaruba@rgau-msha.ru).

**Yulia G. Vergazova**, associate professor of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Engineering), [vergazova@rgau-msha.ru](mailto:vergazova@rgau-msha.ru).

**Galina N. Temasova**, associate professor of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Economic), associate professor, [temasova@rgau-msha.ru](mailto:temasova@rgau-msha.ru).



## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОТОПЛИВА

**А. С. Апатенко, И. И. Руденко**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

*Аннотация. Рассмотрена эффективность применения биотоплива из рапсового масла для дизельных двигателей. Обоснована необходимость проверки работоспособности системы очистки топлива при переходе на биотопливо, в частности работы фильтрующих элементов. Экспериментальные исследования показали, что рапсовое масло уменьшает пропускную способность бумажного фильтрующего элемента по отношению к работе в дизельном топливе.*

*Ключевые слова: дизельный двигатель, рапсовое масло, биотопливо, фильтрующий элемент, характеристика.*

## IMPROVEMENT OF DIESEL ENGINE FUEL SYSTEM ELEMENTS WHEN USING BIOFUELS

**A. S. Apatenko, I.I. Rudenko**

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

**Abstract.** *The efficiency of using biofuels from rapeseed oil for diesel engines is considered. The necessity of checking the efficiency of the fuel purification system during the transition to biofuels, in particular the operation of filter elements, is substantiated. Experimental studies have shown that rapeseed oil reduces the throughput of the paper filter element in relation to operation in diesel fuel. **Keywords:** diesel engine, rapeseed oil, biofuel, filter element, characteristic.*

Сравнивая дизельное топливо и биотопливо на основе рапсового масла следует выделить повышенную плотность и вязкость. По составу серы можно отметить чистоту рапсового масла, показатель ниже в 10 раз, чем у дизельных топлив, наряду с этим следует отметить повышенную температуру застывания по сравнению с зимними марками дизельного топлива [1-3].

Цель исследования - сохранение функциональных

характеристик фильтрующих элементов дизельного двигателя при переходе на использование биотоплива из рапсового масла с помощью устройства для подогрева биотоплива.

Топливная система дизельного двигателя включает компоненты подачи топлива в камеру сгорания, качественный состав топлива обеспечивается несколькими уровнями очистки, проходя по топливопроводу через фильтры грубой и тонкой очистки [7]. Так как по своим характеристикам биотопливо на рапсовом масле отличается от дизельного топлива, то задачей исследования ставилось провести проверку фильтрующего элемента очистки топлива дизельного двигателя при переходе на использование биотоплива из рапсового масла с помощью устройства для подогрева [5-7].

Как известно, работоспособность фильтрующего элемента очистки топлива зависит от агрессивности химического воздействия компонентов топлива на поверхности соприкосновения. Проведенный анализ показал, что наиболее уязвимым можно выделить элемент фильтра, который может терять пропускную способность при изменении качества пропускаемого топлива [5,6].

Для дизельных двигателей широкое распространение получили фильтры тонкой очистки с использованием в качестве фильтрующего элемента бумажных компонентов с различной плотностью и структурной ячеистой конфигурации [3-7].

Решается задача практического обоснования результатов работы и решение возникших проблем при переходе на использование биотоплива из рапсового масла с помощью устройства для подогрева биотоплива [8, 9].

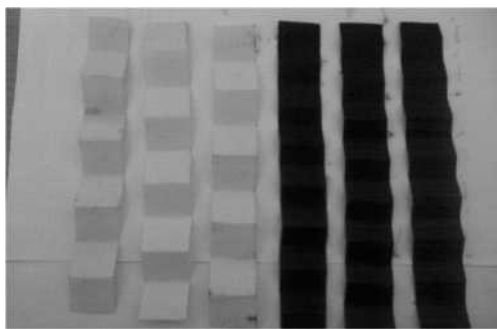
Использование рапсового масла как топливо для дизельного двигателя требует проведения проверочных экспериментов по обеспечению заявленных производителем фильтров технических параметров, таких как: герметичности, сопротивлению потока воздуха, разрывоустойчивости, пропускной способности. Данные исследования проводятся в соответствии с методиками: ГОСТ 21956-88 Бумага и картон фильтровальные. Метод определения герметичности; ГОСТ 25099-82 Бумага и картон фильтровальные [6].

Проведена серия опытов по оценке изменения свойств бумажного фильтра. Бумажный фильтр погружали в стеклянную колбу 1 - с дизельным топливом; 2 колба - смесевое топливо (25 % рапсового масла, 75 % дизельного топлива); 3 колба - смесевое топливо (50 % рапсового масла, 50 % дизельного топлива); 4 колба - смесевое топливо (75 % рапсового масла, 25 % дизельного топлива) и 5 колба - биотопливо на рапсовом масле. Колбы с погруженными бумажными фильтрами выдерживались в течении 6 месяцев [6].

После выемки образцы проверялись на сопротивление усилиям разрыва. Обоснование выбора данного показателя заключается в том, что топливо прокачивается под давлением, а смолы, содержащиеся в рапсовом масле, теоретически могут спровоцировать заполнение пор, снизив пропускную способность, но в свою очередь увеличив прочность бумажного фильтра на разрыв [6].

Испытания фильтровальной бумаги на разрыв проводили на разрывной машине в ОАО «Центральный институт бумаги», Московская область, Пушкинский район, и. Правдинский.

Испытания проведены по типовой методике, согласно которой из каждого фильтра брали испытываемый образец, путём получения полос из вырезанных прямоугольных листов бумажного элемента (рисунок 1).



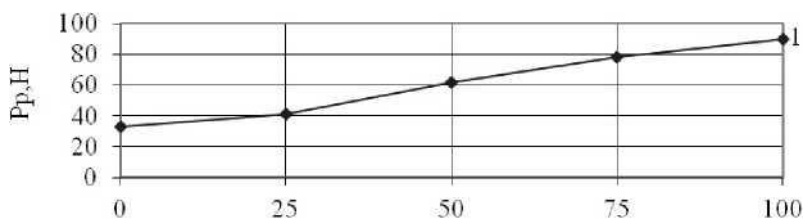
**Рисунок 1 - Испытуемые образцы фильтровальной бумаги**

Результаты испытаний состояния фильтрующих элементов оценивали по усилию разрыва полосок фильтрующей бумаги. В качестве результирующего принималось среднее арифметическое

значение измерений, полученных для 10 полосок, и округленное до целого числа по правилам округления (таблица 1 и рисунок 2).

**Таблица 1 - Результаты оценки усилия разрыва фильтрующей бумаги**

Номер колбы	Фильтр	Усилия разрыва, Н
	Новый	80
1	Фильтр, выдержанный в базовом дизельном топливе (100 % ДТ)	33
2	Фильтр, выдержанный в смесевом топливе (25 % РМ : 75 % ДТ)	41
3	Фильтр, выдержанный смесевом топливе [50 % РМ : 50 % ДТ)	62
4	Фильтр, выдержанный в смесевом топливе (75 % РМ : 25 % ДТ)	78
5	Фильтр, выдержанный в рапсовом масле (100% РП)	90



Содержание рапсового масла в топливе, %

**Рисунок 2 - Зависимость усилия разрыва полосок фильтра от содержания биодобавок из рапсового масла в смесевом топливе**

Как показали результаты исследований, использование в качестве добавок к топливу рапсового масла улучшает характеристики бумажного фильтра по показателю разрывоустойчивости.

Это связано с тем, что плотность и вязкость рапсового масла во многом выше, чем дизельного топлива и при прохождении биотоплива через фильтрующий элемент (фильтровальную бумагу) очистки топлива происходит засаливание и прессование фильтровальной бумаги [3-7].

### **Выводы**

Обоснована необходимость проверки работоспособности системы очистки топлива при переходе на биотопливо, в частности

работы фильтрующих элементов.

Экспериментальные исследования показали, что рапсовое масло повышает усилие разрыва бумажного фильтрующего элемента почти в три раза.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Апатенко, А. С. Комплектование технологических комплексов машин с учетом их надежности при импортозамещении / А. С. Апатенко // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». - 2015. - № 3(67). - С. 39-44.

2. Тойгамбаев, С. К. Анализ износа деталей транспортных и технологических машин : Методическое пособие / С. К. Тойгамбаев, А. С. Апатенко. - М.: Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2020. -37 с.- ISBN 978-5-6043722-5-8.

3. Апатенко, А. С. Повышение эффективности работы культуртехнических агрегатов с учетом надежности базовых и агрегируемых машин : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Апатенко Алексей Сергеевич. - Москва, 2005. - 168 с.

4. Голубев И. Г. Влияние биодобавок в смесевое топливо на работоспособность топливной аппаратуры дизельных двигателей / И. Г. Голубев, И. Г. Руденко // Техника и оборудование для села. - 2017. - № 5. - С. 45-47.

5. Евграфов, В. А. Взаимосвязь эксплуатационно-технологических свойств машин и качества их технической эксплуатации в природообустройстве : монография / В. А. Евграфов, А. С. Апатенко, А. И. Новиченко. - М. : ООО «Издательство «Спутник+», 2015. - 116 с. - ISBN 978-5-9973-3466-6.

6. Апатенко, А. С. Сопоставление согласованности характеристик типовых фильтрующих элементов с работой в биотопливе из рапсового масла / А. С. Апатенко, И. И. Руденко, Н. С. Севрюгина // Естественные и технические науки - 2022. - №1. - С. 223-229.

7. Апатенко, А. С. Модернизация топливной системы дизельного двигателя с установкой системы подогрева для использования биотоплива из рапсового масла/ А. С. Апатенко, И. И. Руденко //В сб.: Чтения академика В. Н. Болтинского. - 2022. - С. 36-43.

8. Девянин, С. Н. Исследование стабильности биотоплива на основе растительных масел / С. Н. Девянин, Е. А. Улюкина, Н. Н. Пуляев // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный

агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». - 2012. - № 5(56). - С. 19-21.

9. Взаимодействие различных видов биотоплива на основе рапсового масла с конструкционными материалами / Е. А. Улюкина, В. П. Коваленко, Н. Н. Пуляев [и др.] // Международный технико-экономический журнал. - 2010.- №3.-С. 88-91.

10. Дидманидзе, О. Н. Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов / О. Н. Дидманидзе, А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев // Техника и оборудование для села. - 2020. - № 11(281). — С. 39-43.-DOI 10.33267/2072-9642-2020-11-39-41.

### ***Об авторах:***

**Апатенко Алексей Сергеевич**, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доцент, доктор технических наук, a.apatenko@rgau-msha.ru.

**Руденко Иван Иванович**, соискатель кафедры «Технических сервис машин и оборудования», ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

### ***About the authors:***

**Alexey S. Apatenko**, Head of the Department, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Associate Professor, D.Sc. (Engineering), a.apatenko@rgau-msha.ru.

**Ivan I. Rudenko**, applicant of the Department of «Technical Service of Machinery and Equipment», Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49).

Научное издание

ЧТЕНИЯ  
АКАДЕМИКА  
В. Н. БОЛТИНСКОГО

Сборник статей

Материалы издаются в авторской редакции

Подписано в печать 03.04.2023. Формат 60х90/16.  
Усл.-печ. л. 17,06. Тираж 100 экз.

Заказ №8710

Отпечатано в типографии «OneBook.ru»  
ООО «Сам Полиграфист»  
129090 г. Москва, Протопоповский пер., 6  
[www.onebook.ru](http://www.onebook.ru)