

УДК 502/504:631.347

А. С. АПАТЕНКО

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИИ МАШИН ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ

*Рассмотрены вопросы импортозамещения в агропромышленном комплексе РФ. Отмечается, что при разработке программ импортозамещения мелиоративных и строительных машин необходимо учитывать затраты на обеспечение их работоспособности. Только работающие машины создают рыночную продукцию, а простой машин по техническим причинам – издержки. Ликвидация этих потерь требует совершенствования системы технической эксплуатации. Проведен анализ состояния парка машин. Показано, что нарушение работоспособного состояния агрегата в процессе его эксплуатации происходит под воздействием множества конструктивных, технологических, эксплуатационных, организационно-производственных и других факторов и носит случайный характер. Предложены рекомендации по оптимизации обеспеченности агрегатов технологических комплексов в ремонтно-технических воздействиях с учетом особенностей эксплуатации базовых и агрегатируемых машин. Анализ причин возникновения характерных технических отказов агрегатов при выполнении мелиоративных работ показал, что большинство отказов связано с производственными дефектами. Отмечается необходимость обеспечения выполнения планируемых объемов работ в конкретных условиях при минимуме финансовых и трудовых затратах.*

*Импортозамещение, технологический комплекс машин, агрегат, базовая машина, агрегатируемая машина, отказ, ремонтно-технические воздействия, оптимальная обеспеченность.*

*There are considered questions of import substitution in the agroindustrial complex of RF. It is noted that when developing programs of import substitution of reclamation and building machinery it is necessary to take into consideration the costs on ensuring their operability. Only operating machinery make a market produce and idling of machinery according to technical reasons – costs. Elimination of these losses requires a more improved system of technical operation. There is given an analysis of the state of machinery fleet. It is shown that disfunction of the working state of the aggregate in the process of its operation occurs under the influence of a great number of structural, technological, operational, organizational – productive and other factors and has a random character. There are proposed recommendations on optimization of the provision of aggregates of technological complexes with repair – technical impacts taking into consideration the peculiarities of the operation of basic and aggregated machinery. The analysis of the reasons of arising of typical technical failures of aggregates under fulfillment of reclamation works showed that the majority of failures were connected with production defects. There is noted the necessity of ensuring the fulfillment of the planned volumes of work under concrete conditions at minimal financial and labor costs.*

*Import substitution, technological complex of machinery, aggregate, basic machine, aggregated machine, failure, repair-technical impacts, optimal provision.*

Президент Российской Федерации 3 октября 2014 года провел совещание с членами Правительства по импортозамещению в промышленности и сельском хозяйстве на 2014–2015 годы. На совещании обсуждались вопросы повышения конкурентоспособности отечественной сельхозтехники [1]. Приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 26 сентября 2014 г. № 1919 «О формировании Перечня технологических направлений по соответствующим государственной программе Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» (подпрограммам в рамках государственной программы «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности») приоритетным направлениям гражданской промышленности» утверждены технологические направления, для которых предусмотрена разработка и организация производства перспективных машин, в том числе для агропромышленного комплекса. При разработке программ импортозамещения машин необходимо учитывать затраты на обеспечение их работоспособности. Только работающие машины создают рыночную продукцию, а простои машин по техническим причинам – издержки. Ликвидация этих потерь требует совершенствования системы технической эксплуатации [2].

Как правило, тяжелые условия эксплуатации машин обуславливают более быстрое проявление дефектов и неисправностей отдельных элементов в виде нарушений работоспособности агрегата в целом. В свою очередь агрегат состоит из базовой машины – трактора и агрегируемой машины – орудия [3]. Нарушение работоспособного состояния в процессе эксплуатации агрегата происходит под воздействием множества факторов (конструктивных, технологических, эксплуатационных, организационно-производственных и других) и носит случайный характер.

Анализ причин возникновения характерных технических отказов агрегатов при выполнении мелиоративных работ показал, что большинство отказов связано с производственными дефекта-

ми. Последствия отказов, возникших до назначенного срока проведения ремонтных работ, устраняют по мере необходимости, после отказа путем ремонтно-технических воздействий. Перечень требований на устранение отказов формируется в результате воздействия на объекты эксплуатации различных случайных факторов. Отказ машин – явление случайное, но причины его появления связаны с определенными физико-механическими процессами, происходящими в материалах и конструкциях элементов и систем в процессе их эксплуатации. Принципиальная схема системы эксплуатационного обеспечения безотказной работы машин технологических комплексов показана на рисунке 1.

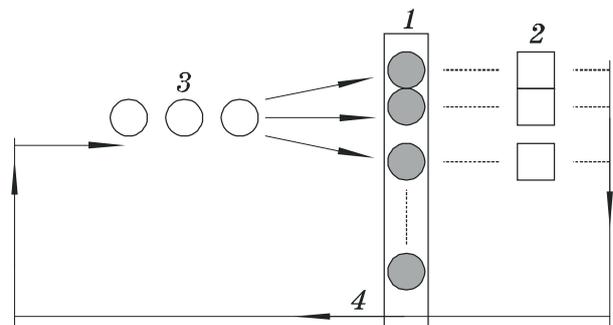


Рис. 1. Принципиальная схема системы эксплуатационного обеспечения, безотказной работы агрегатов: 1 – накопитель; 2 – приборы обслуживания; 3 – поток требований; 4 – «обслуженные» требования

На рисунке 1 в качестве основного источника заявок на устранение последствий технических отказов рассматриваются машины технологического комплекса. Для своевременного предупреждения отказов необходимо знать и количественно описать закономерности накопления технических отказов во времени.

Процесс накопления технических отказов, как правило, описываются на основе статистических данных о времени безотказной работы машин. В этом случае обработкой экспериментальных данных методами математической статистики было определено, что закон

распределения наработки между техническими отказами согласуется с показательным законом распределения. Анализ потока требований на устранение отказов показал, что данный поток обладает тремя свойствами пуассоновского потока: стационарностью, ординарностью и отсутствием последствия [4]. Устранение последствий технических отказов машин в процессе эксплуатации обеспечивается постом ремонтно-технического обслуживания (приборы обслуживания). Каждый из приборов может обслуживать одновременно только одну заявку, затрачивая при этом случайное время, распределенное по экспоненциальному закону. Классифицировав исследуемую систему, используя математический аппарат теории однородных марковских процессов, возможно аналитически описать вероятности нахождения базовых, агрегируемых машин и агрегатов технологических комплексов в различных состояниях процесса, а также определить числовые характеристики функционирования моделируемой системы.

В данной работе агрегаты технологических комплексов рассматриваются как сложная система, в которой состояние всех агрегатов обусловлено состоянием их базовых машин (тракторов) и агрегируемых машин (орудий) в соответствии с требованиями технологии выполнения работ. Также рассмотрены основные состояния базовых и агрегируемых машин технологических комплексов в системе эксплуатационного обеспечения безотказной работы. График возможных состояний машин исследуемой системы обслуживания с ожиданием представлен на рисунке 2. Современная методология исследования и оптимизации сложных систем позволяет разработать методику определения оптимальной обеспеченности ремонтно-технических воздействий (РТВ) для машин технологических комплексов без проведения большого количества экспериментов. В ее основе лежит имитация сложных процессов на ЭВМ. Алгоритм математической модели, записанный на машинном языке, позволяет при заданных

начальных условиях и численных значениях параметров и с учетом вероятностных факторов оценить характеристики системы, предусмотренные программой исследования. Оптимизация обслуживающей системы заключается в том, что всем ее элементам необходимо придать такое количественное соотношение, чтобы в конкретных условиях обеспечивалось выполнение планируемых объемов работ при минимуме финансовых и трудовых затрат.

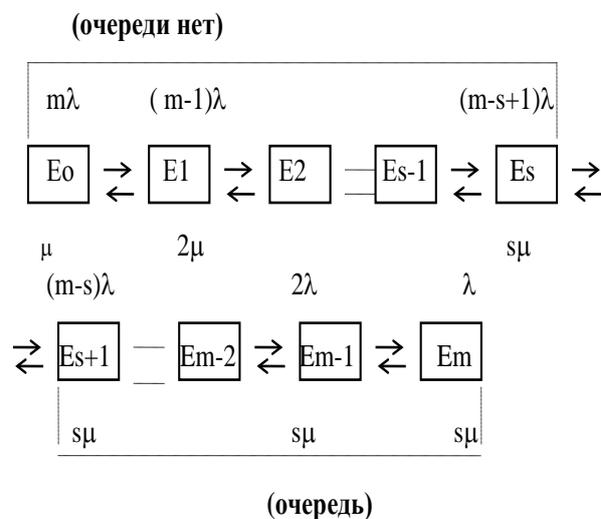


Рис. 2. График возможных состояний машин технологического комплекса в системе обслуживания

Экономико-математическая постановка задачи определения оптимальной обеспеченности ремонтно-технических воздействий на агрегаты технологических комплексов, включает в себя целевую функцию, описывающую критерий оптимизации, имеет следующий вид:

$$Y_{(a)} = \frac{C_1 M_{o(a)} + C_2 (M - M_{o(a)}) + C_3 S}{MW_o (1 - K_{na(a)})} \rightarrow \min,$$

где  $Y_{(a)}$  – минимум затрат на эксплуатацию агрегатов, руб./га;  $C_1$  – потери от простоя агрегата, руб./ч.;  $C_2$  – прямые затраты на эксплуатацию одного агрегата, руб./ч.;  $C_3$  – затраты на содержание постов ремонтно-технического обслуживания, руб./ч.;  $M_{o(a)}$  – среднее количество неработоспособных агрегатов, шт.;  $(M - M_{o(a)})$  – среднее количество работоспособных агрегатов, шт.;  $S$  – количество постов ремонтно-технического обслуживания в системе, шт.;  $K_{na(a)}$  – коэффициент простоя агрегатов;

$W_0$  – среднечасовая эксплуатационная производительность одного технологического комплекса, га/ч.;  $M$  – общее количество агрегатов, шт.

В качестве критерия оптимальности предлагается  $Y_{(a)}$  – минимум затрат на эксплуатацию агрегатов технологических комплексов с учетом потерь от простоя базовых (тракторов) и агрегатируемых (орудий) машин по техническим причинам в расчете на 1 га выполненной работы.

Разработанная автором статьи методика по определению оптимальной обеспеченности ремонтно-технических воздействий агрегатов технологических комплексов для мелиоративных работ включает в себя потери (ущерб) от неплановых отказов базовых и агрегатируемых машин.

Определение оптимальной обеспеченности ремонтно-технических воздействий на агрегаты технологических комплексов заключается в том, что всем ее элементам необходимо придать такое количественное соотношение, чтобы в конкретных условиях обеспечивалось выполнение планируемых объемов работ при минимуме финансовых и трудовых затратах.

Интенсивности потоков, переводящие рассматриваемые машины из одного случайного состояния в другое, при работе определены в результате обработки статистической информации. Вероятностная структура агрегатов культуртехнического комплекса с учетом возможных состояний их базовых и агрегатируемых машин определена в результате моделирования процессов на ПЭВМ [4].

Уровень надежности определяется при формировании состава технологического комплекса машин мелиоративных организаций. При этом учитывается, что надежность работы парка машин в целом обусловлена уровнем надежности технических средств в его составе, определяющим, в свою очередь, состав и структуру системы эксплуатационного обеспечения (система обслуживания), которая в значительной

степени влияет на уровень надежности технологического комплекса и определяет затраты на его эксплуатацию.

### Выводы

Отличительной особенностью предложенных рекомендаций является то, что они учитывают показатели надежности базовых и агрегатируемых машин, уменьшают потери от простоев по техническим причинам, способствуют снижению суммарных эксплуатационных затрат парка машин в целом.

Рассмотренную методику можно использовать при разработке программ импортозамещения машин для агропромышленного комплекса.

1. О первых итогах импортозамещения в сельском хозяйстве /К.А. Бабкин руководитель ассоциации «Росагромаш» [Электронный ресурс]. – URL: <http://exp.idk.ru/question/interview/> о - pervykh-itogakh-importozameshheniya-v-selskom-khozyajstve/387742/ (дата обращения 15.02.2015).

2. Черноиванов В. И., Ежевский А. А., Федоренко В. Ф. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства. – М.: ФГБНУ «Росинформгротех», 2012. – 284 с.

3. Апатенко А. С. Методы эффективного использования машинно-тракторных агрегатов в мелиорации // Труды ГОСНИТИ. – 2013. – Том 113. – С. 156–161.

4. Апатенко А. С., Владимирова Н. И. Исследование агрегатов культуртехнического комплекса для коренного улучшения закустаренных земель // Природообустройство. – 2013. – № 5. – С. 74–77.

Материал получен редакцией 21.01.15.  
**Апатенко Алексей Сергеевич**, кандидат технических наук, профессор, директор Института природообустройства имени А. Н. Костякова  
 Тел. 8 (499) 976-29-79  
 E-mail: [aapatenko@timacad.ru](mailto:aapatenko@timacad.ru)