

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 635.1/8:631.55:631.35

DOI: 10.26897/2687-1149-2023-2-15-18

**Определение показателей уровня техногенного воздействия технологического комплекса машин на уборке овощных культур**

Алексей Семёнович Дорохов, академик РАН, д-р техн. наук, главный научный сотрудник
dorokhov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4758-3843>; Researcher ID: H-4089-2018

Алексей Викторович Сибирёв, д-р техн. наук, главный научный сотрудник
sibirev2011@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9442-2276>; Researcher ID: M-6230-2016

Александр Геннадьевич Аксенов, д-р техн. наук, главный научный сотрудник
<https://orcid.org/0000-0002-9546-7695>; ResearcherID: V-5572-2017

Максим Александрович Мосяков[✉], канд. техн. наук, старший научный сотрудник
Maks.Mosyakov@yandex.ru[✉]; <https://orcid.org/0000-0002-5151-7312>; ResearcherID: A-8482-2019

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5

Аннотация. Снижение техногенного воздействия на почву становится все более актуальным. Комплексная оценка уровня воздействия машинно-технологических комплексов при уборке овощных культур поможет снизить негативное воздействие на окружающую среду. В статье представлены аналитические исследования по определению показателей уровня техногенного воздействия технологического комплекса машин на уборке овощных культур. Разработан критерий экологичности, учитывающий ряд параметров: количество компонента в жидких, газообразных и твердых отходах; плотность почвы при уборке корнеклубнеплодов; количество эрозионно-опасных частиц; загрязнение окружающей среды ядохимикатами и минеральными удобрениями; среднее значение выноса плодородного слоя почвы при уборке; загрязнение атмосферы токсичными составляющими отработавших газов двигателей внутреннего сгорания. Сформулированы и обоснованы критерии формирования механико-технологических основ уборки овощных культур, определяющие уровень техногенного воздействия технологического комплекса машин на уборке овощных культур: критерий экологичности; критерий энергоёмкости; критерий материалоемкости; критерий затрат на информационное обеспечение; критерий габаритных размеров; критерий эргономичности. Установлено, что оценка уровня воздействия машинно-технологических комплексов при уборке овощных культур может осуществляться по критерию экологичности, который свидетельствует о настройке машины для уборки корнеклубнеплодов в требуемом интервале допустимых значений для сохранения или повышения качества уборки.

Ключевые слова: машины для уборки корнеклубнеплодов, оценка уровня воздействия машинно-технологических комплексов, плотность почвы, критерий экологичности

Формат цитирования: Дорохов А.С., Сибирёв А.В., Аксенов А.Г., Мосяков М.А. Определение показателей уровня техногенного воздействия технологического комплекса машин на уборке овощных культур // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 2. С. 15-18. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-2-15-18>.

© Дорохов А.С., Сибирев А.В., Аксенов А.Г., Мосяков М.А., 2023

ORIGINAL ARTICLE

Determining the indicators of man-made impact of the technological set of machines used for harvesting vegetable crops

Aleksei S. Dorokhov, RAS Corresponding Member, DSc (Eng)
dorokhov.vim@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4758-3843>; Researcher ID: H-4089-2018

Aleksei V. Sibirev, Dr. Sciences, (Eng), Senior Research Engineer
sibirev2011@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9442-2276>; Researcher ID: M-6230-2016

Aleksandr G. Aksenov, DSc (Eng), Lead Research Engineer
<https://orcid.org/0000-0002-9546-7695>; ResearcherID: V-5572-2017

Maksim A. Mosyakov[✉], PhD (Eng), Senior Research Engineer
Maks.Mosyakov@yandex.ru[✉]; <https://orcid.org/0000-0002-5151-7312>; ResearcherID: A-8482-2019

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 1st Institutsky Proezd Str., Bld 5, Moscow, 109428, Russian Federation

Abstract. Reducing anthropogenic impact on the soil is becoming increasingly important. A comprehensive assessment of the level of impact of machine technology in vegetable crops harvesting will help to reduce the negative impact

on the environment. The article presents analytical studies to determine the indicators of the level of man-made impact of the technological set of machines used for harvesting vegetable crop. The authors have developed an environmental friendliness criterion, which takes into account the amount of the component in liquid, gaseous, and solid waste; the value of soil density when harvesting root crops; the amount of erosion-threatening particles; environmental pollution with pesticides and mineral fertilizers; the average value of the removal of the fertile soil layer during harvesting; and air pollution by toxic components of the exhaust gases of internal combustion engines. They have determined and justified the criteria for mechanical and technological prerequisites for harvesting vegetable crops, which determine the level of man-made impact of the technological set of machines used for harvesting vegetable crops: environmental friendliness criterion, energy intensity criterion, material consumption criterion, information support cost criterion, overall dimensions criterion, and ergonomics criterion. It has been stated that to assess the level of impact of technological sets of machines used for harvesting vegetable crops, it is necessary to be guided by the distribution ranges of the environmental friendliness criterion, which indicates the adjustments of technological sets of machines used for harvesting vegetable crops in the required range of acceptable values to maintain or improve the quality of harvesting.

Key words: harvesting machine, root crops, potatoes, vegetable crops, energy saving, man-made impact

For citation: Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Aksenov A.G., Mosyakov M.A. Determining the indicators of man-made impact of the technological set of machines used for harvesting vegetable crops. *Agricultural Engineering (Moscow)*, 2023;25(2):15-18. (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-2-15-18>.

Введение. Переход к устойчивому производству сельскохозяйственных культур обусловлен необходимостью выбора компетенций в области оптимизации числа проходов транспортно-технологических комплексов.

Повышенное воздействие на почву мобильных энергетических средств объясняется увеличением числа проходов по полю при выполнении технологических операций, а также повышенной материалоемкостью при увеличении энергонасыщенности машины [1, 2].

Поскольку повышение продуктивности и производительности возделывания сельскохозяйственных культур неразрывно связано с показателями качества выполнения специализированными машинами отдельных операций, необходимо выполнить их оценку по уровню воздействия на слой почвы, так как повышение плотности почвы приводит к ухудшению продуктивности функционального состояния растений, а также снижению плодородности почвы [3, 4].

Увеличение твердости почвы по следу прохождения движителей приводит к неравномерности удельного сопротивления почвы при дальнейшей ее обработке, а следовательно, к увеличению энергетических затрат¹ [5, 6].

Негативное воздействие на почву рабочих органов машин для уборки овощных корнеплодов и лука связано с повышенным поступлением почвы в уборочную машину, что в значительной степени определяется несовершенством системы корнеизвлекающих и сепарирующих рабочих органов уборочной машины [7]. Отметим, что ежегодный вынос с поля плодородного слоя вместе с товарной продукцией превышает 3 млн т.

Необходима комплексная оценка уровня техногенного воздействия на почву мобильных энергетических средств.

Цель исследований: определение показателей уровня техногенного воздействия технологического комплекса машин на уборке овощных культур.

Материалы и методы. Проведен анализ научных публикаций по технологии возделывания овощных культур. Рассмотрены факторы техногенного воздействия технологического комплекса машин на уборке овощных культур. Используются методы научного обобщения информационных и аналитических материалов из отечественных и зарубежных источников.

Результаты и их обсуждение. При разработке критериев формирования механико-технологических основ уборки овощных культур необходимо учитывать факторы, влияющие на качество выполнения уборки, а также на окружающую среду. Исходя из этого сформулированы критерии формирования механико-технологических основ уборки овощных культур, определяющие уровень техногенного воздействия технологического комплекса машин на уборке овощных культур:

1. Критерий технологичности (K_T), обеспечивающий функциональный ресурс машины для уборки корнеклубнеплодов, отличающихся по физико-механическим и размерно-массовым характеристикам.

Значение коэффициента варьируется как $0 \leq K_T \leq 1$, и чем он больше, тем в большей степени сохраняется возможность использования уборочной машины для уборки различных видов корнеклубнеплодов [8].

2. Критерий энергоёмкости (K_3) – соотношение между энергозатратами технологического процесса уборки овощных культур и показателем качества работы машины:

$$K_3 = W / Q. \quad (1)$$

Целесообразность данного критерия при оценке энергоэффективности уборки корнеклубнеплодов определяется системой показателей по обоснованию как операций уборки корнеклубнеплодов, так и закономерности процессов исследуемого показателя качества.

¹ СТО АИСТ 8.7-2013. Машины для уборки овощных и бахчевых культур. Методы оценки функциональных показателей.

3. Критерий материалоемкости (K_M), определяющийся соотношением массогабаритных параметров G_k машинно-технологического комплекса для уборки и критерия эффективности ее функционального назначения Q :

$$K_M = G_k / Q. \quad (2)$$

Согласно данному критерию интенсификация процесса сепарации машин для уборки корнеклубнеплодов целесообразна при более эффективных рабочих органах, извлекающих корнеплоды из почвы, но при условии минимизации суммарной материалоемкости системы корнеизвлекающих и сепарирующих рабочих органов уборочной машины.

4. Критерий затрат на информационное обеспечение ($K_{И}$) – соотношение между издержками на проектирование и распределением затрат на амортизацию средств цифрового обеспечения машины для уборки корнеклубнеплодов и показателем качества работы машины:

$$K_{И} = S / Q. \quad (3)$$

5. Критерий габаритных размеров (K_r) – соотношение массогабаритных параметров V машинно-технологического комплекса для уборки и показателя эффективности ее работы:

$$K_r = V / Q. \quad (4)$$

Выбор данного критерия является продолжением выполнения критерия материалоемкости (K_M), согласно которому экстенсивный путь увеличения производительности машины для уборки корнеклубнеплодов за счет механического наращивания системы корнеизвлекающих и сепарирующих рабочих органов (что приводит к увеличению габаритных размеров уборочного агрегата) является неприемлемым.

6. Критерий эргономичности ($K_э$), характеризующий распределение в биомашсистеме возможностей человека по физическим, психологическим и интеллектуальным параметрам.

Критерий равен отношению реализуемой эффективности системы $Q_ч$ «Человек-машина» к максимально возможной эффективности этой системы Q_c :

$$K_э = Q_ч / Q_c. \quad (5)$$

7. Критерий экологичности ($K_{эк}$), характеризующий безопасность эксплуатации машины и способность не причинять вреда окружающей среде при выполнении технологического процесса уборки.

Применительно к процессу уборки корнеклубнеплодов следует указать на тот факт, что негативные последствия для окружающей среды определяются повышенным забором почвенного слоя корнеизвлекающими рабочими органами и дальнейшей его сепарацией. Это приводит к образованию эрозионно-опасных частиц [9].

Воздействие машины на окружающую среду при уборке корнеплодов (критерий экологичности $K_{эк}$) определяется как

$$K_{эк} = \sum m_i^п \cdot \frac{C_п}{ПДК_i} + \sum m_i^ч \cdot \frac{C_ч}{ПДК_i} + \sum m_i^я \cdot \frac{C_я}{ПДК_i} + \sum m_i^в \cdot \frac{C_в}{ПДК_i} + \sum m_i^г \cdot \frac{C_г}{ПДК_i}, \quad (6)$$

где $\sum m_i^n$ – количество i -го компонента в жидких, газообразных и твердых отходах, мг/м³; $C_п$ – среднее значение плотности почвы при уборке корнеклубнеплодов, МПа; $C_ч$ – среднее значение количества эрозионно-опасных частиц при уборке корнеклубнеплодов, г; $C_я$ – среднее значение загрязнения окружающей среды ядохимикатами и минеральными удобрениями, %; $C_в$ – среднее значение выноса плодородного слоя почвы при уборке корнеклубнеплодов, кг; $C_г$ – среднее значение загрязнения атмосферы токсичными составляющими отработавших газов двигателей внутреннего сгорания, г/м³; ПДК _{i} – предельно-допустимая концентрация компонента, МПа, г, %, кг, г/м³.

С целью наименьшего негативного воздействия комплексов машин для уборки овощных культур на окружающую среду критерии механико-технологических основ уборки овощных должны разрабатываться в соответствии с концепцией устойчивого развития земледелия, предусматривая:

1. Снижение загрязнения окружающей среды ядохимикатами и минеральными удобрениями.
2. Снижение выноса плодородного слоя почвы вместе с корнеклубнеплодами при уборке.
3. Снижение уплотнения почвы ходовыми системами машинно-технологических комплексов.
4. Снижение загрязнения токсичными составляющими отработавших газов двигателей внутреннего сгорания.
5. Снижение количества эрозионно-опасных частиц почвы при уборке корнеклубнеплодов овощных культур.

Реализация первого положения требует соблюдения рационального использования севооборотов с использованием малообъемных опрыскивателей и средств биологической защиты растений.

Для соблюдения второго положения необходима разработка новой системы корнеизвлекающих и сепарирующих рабочих органов, способствующих экологической совместимости машин с окружающей средой.

Для снижения уплотнения почвенного слоя при уборке овощных культур необходимо соблюдать следующие рекомендации:

- возделывать корнеклубнеплоды с переменными междурядьями (увеличенными в зоне прохода колес МТА и оптимальными с точки зрения площади питания для растений);

– обрабатывать зоны площади роста растений;
– использовать единое энергетическое средство при возделывании, уборке и транспортировке овощных культур, послеуборочной обработке.

Одним из путей снижения загрязнения токсичными отработавшими газами является разработка двигателей, работающих на альтернативных источниках энергии.

Для снижения количества эрозионно-опасных частиц почвы при уборке овощных культур необходимы принципиально новые способы и технические средства извлечения товарной продукции из почвы, а также совершенствование системы очистки от почвенных примесей, которые исключают механическое воздействие на корнеклубнеплоды и почву.

Список использованных источников / References

1. Аксенов А.Г., Сибирёв А.В., Емельянов П.А. Обеспеченность техникой для овощеводства // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 8. С. 25-30.

Aksenov A.G., Sibirev A.V., Emelyanov P.A. Availability of machinery for vegetable growing. A.G. Aksenov. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2016;8:25-30. (In Rus.)

2. Aniket U. Dongre, Rahul Battase, Sarthak Dudhale, Vipul R. Patil, Deepak Chavan. Development of potato harvesting model. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 2017;4:1567-1570.

3. Farhadi R., Sakenian N., Azizi P. Design and construction of rotary potato grader. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2012;8(2):304-314.

4. Haverkort A.J., Struik P.C. *Potato in progress: Science meets practice*. Wageningen Academic Publishers, 2005. 366 p.

Вклад авторов

А.С. Дорохов – формулирование основной концепции исследования.

А.В. Сибирёв – разработка методологии исследования.

А.Г. Аксенов – представление результатов, описание результатов и формирование выводов исследования.

М.А. Мосяков – подготовка начального варианта текста, формирование выводов, литературный и патентный анализ.

А.С. Дорохов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов, М.А. Мосяков имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 31.05.2022; поступила после рецензирования и доработки 01.03.2023; принята к публикации 02.03.2023

Выводы

Оценка уровня воздействия машинно-технологических комплексов при уборке овощных культур определяется критерием экологичности ($K_{ЭК}$):

при $K_{ЭК} = 1$ недопустимым является выход показателей качества при соответствующих настройках машинно-технологических комплексов для уборки за рамки допуска;

при $K_{ЭК} > 1$ требуется корректировка режимов работы и технологических параметров уборочной машины в интервале допустимых значений для достижения необходимых показателей качества уборки;

при $K_{ЭК} < 1$ необходимо повысить требования к качеству выполнения технологического процесса уборки овощных культур.

5. Mayer V., Vejchar D., Pastorkova L. Measurement of potato tubers resistance against mechanical loading. *Research in Agricultural Engineering*. 2008;54(1):22-31. <https://doi.org/10.17221/708-RAE>

6. Natenadze N. The design and theoretical justification of a vibratory digger shovel. *Mechanization in agriculture & Conserving of the resources*. 2016;62(1):9-11.

7. Asghar M.T., Ghafoor A., Munir A., Iqbal M., Ahmad M. Design modification and field testing of groundnut digger. *Asian Journal of Science and Technology*. 2014;5:389-394.

8. Sibirev A.V., Aksenov A.G., Dorokhov A.S. Results of laboratory investigations of soil screening ability of a chain digger with asymmetric vibrator arrangement. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2019;57(1):9-18.

9. Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Aksenov A.G. Dynamic systems modeling using artificial neural networks for agricultural machines. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2019;58(2):63-74.

Contribution of the authors:

A.S. Dorokhov – formulation of the basic research concept.

A.V. Sibirev – development of the research methodology.

A.G. Aksenov – presentation of the results, description of the results and formulation of the conclusions.

M.A. Mosyakov – preparation of the initial draft of the manuscript, formulation of conclusions, literature and patent analysis.

A.S. Dorokhov, A.V. Sibirev, A.G. Aksenov, M.A. Mosyakov have copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

Received 31.05.2022; revised 01.03.2023; accepted 02.03.2023