

Технология внесения твердых минеральных удобрений транспортно-технологическим агрегатом СТА-5ТМ в составе специализированного автомобильного шасси Урал-432065

Technology of solid mineral fertilizers application by means of STA-5TM transport-technological unit as part of specialized Ural-432065 vehicle chassis

А. С. ШКЕЛЬ¹, канд. техн. наук
М. А. КОЗЛОВСКАЯ², канд. техн. наук
Т. Д. ДЗОЦЕНИДЗЕ³, д-р техн. наук

¹ Московский технологический университет, Москва, Россия, shkel-as@yandex.ru

² Государственный научный центр Российской Федерации "НАМИ", Москва, Россия, nauka113@mail.ru

³ Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия, dtengiz@yandex.ru

A. S. SHKEL¹, PhD in Engineering
M. A. KOZLOVSKAYA², PhD in Engineering
T. D. DZOTSENIDZE³, DSc in Engineering

¹ Moscow Technological University, Moscow, Russia, shkel-as@yandex.ru

² Central research and development automobile and engine institute NAMI, Moscow, Russia, nauka113@mail.ru

³ Russian State Agrarian University — Moscow K. A. Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia, dtengiz@yandex.ru

Исследование технологических операций для транспортно-технологического агрегата представляет определенный интерес для оценки экономической эффективности эксплуатации. На примере транспортно-технологического агрегата для внесения твердых минеральных удобрений со сменной технологической надстройкой СТА-5ТМ на базе специализированного полноприводного автомобильного шасси Урал-432065 исследованы особенности выполнения технологических операций. Теоретической основой разработки операционных технологий механизированных работ в сельском хозяйстве служат общие методы научной организации труда по аналогии с технологией производства различных работ на промышленных предприятиях. При внесении твердых минеральных удобрений особое внимание уделяют правильной организации и полной механизации работ, соблюдению сроков, доз и равномерности внесения удобрений. Технологическая надстройка СТА-5ТМ обеспечивает внесение установленной дозы с интервалом регулировки 0,05 т/га при скорости движения агрегата до 12 км/ч. Перед работой транспортно-технологический агрегат должен быть подготовлен и отрегулирован для качественного выполнения технологического процесса. Установочное значение дозы внесения удобрений определяется с помощью счетной линейки и зависит от сорта удобрений, ширины захвата, рабочей скорости, нормы внесения. Для установленной нормы внесения определены необходимые положение главной шиберной заслонки дозатора и скорость транспортерной ленты. Приведены результаты расчетов кинематических характеристик транспортно-технологического агрегата при внесении минеральных удобрений для различных способов движения. Технология внесения твердых минеральных удобрений транспортно-технологическим агрегатом СТА-5ТМ на базе специализированного автомобильного шасси Урал-432065 обеспечивает возможность повышения эффективности работ при росте производительности труда и снижении себестоимости конечной продукции.

Ключевые слова: транспортно-технологический агрегат; автомобильное шасси Урал-432065; сменная технологическая надстройка СТА-5ТМ; внесение удобрений; операционная технология.

The research of process operations for transport-technological unit is of particular interest for the assessment of economic efficiency of operation. Features of process operations are studied on the example of the transport-technological unit with STA-5TM replaceable technological superstructure for solid mineral fertilizers application based on specialized all-wheel drive Ural-432065 vehicle chassis. Common methods of scientific organization of labor serve as theoretical basis for the development of process technology of mechanized operations in agriculture, by analogy with the technology of performance of various works in industrial plants. During solid mineral fertilizers application special attention is paid to the proper organization, full mechanization of work, observance of deadlines, application rate and uniformity of fertilization. The STA-5TM technological superstructure provides application of the established rate with adjustment interval of 0.05 t/ha and motion speed of the unit up to 12 km/hour. Before the operation, the transport-technological unit should be prepared and adjusted for qualitative performance of the process. Setting value of fertilizer application rate is determined with the use of a slide rule and depends on the fertilizer grade, grasp width, operating speed, standard rate of fertilizer usage. For standard application rate, the desired position of main slide gate of batcher and the speed of conveyor belt are determined. Calculation results of kinematic characteristics of the transport-technological unit during mineral fertilizers application for various ways of movement are presented. The technology of solid mineral fertilizers application by means of STA-5TM transport-technological unit as part of specialized Ural-432065 vehicle chassis provides the ability to improve the operation efficiency with the growth of labor productivity and reduction of cost of the final product.

Keywords: transport-technological unit; Ural-432065 vehicle chassis; STA-5TM replaceable technological superstructure; fertilizer application; process technology.

Введение

Транспортно-технологические агрегаты (ТТА), состоящие из сменных технологических надстроек на базе специализированного автомобильного шасси [1—4], при применении в растениеводстве позволяют обеспечить круглогодичную загрузку шасси благодаря использованию разных надстроек в разные сроки.

Цель исследования

Исследование и отработка технологических операций для эффективного использования данного класса ТТА представляют определенный интерес для оценки экономической эффективности эксплуатации, так как новые технические возможности должны обеспечить снижение трудозатрат и повышение производительности за счет повышения скорости при транспортировке и улучшения маневренности. В этом случае происходит снижение времени разворота и переездов.

Материалы и методы

На примере ТТА для внесения твердых минеральных удобрений (рис. 1) со сменной технологической надстройкой СТА-5ТМ на базе специализированного полноприводного автомобильного шасси Урал-432065 [5—7] можно исследовать особенности выполнения технологических операций.

Технология возделывания с.-х. культур представляет собой научно обоснованный для конкретных почвенно-климатических условий перечень операций или работ по возделыванию каждой с.-х. культуры — от подготовки семян и почвы до уборки урожая и его закладки на хранение. Она оформляется в виде технологических карт, которые в общем случае содержат полный перечень всех работ по возделыванию с.-х. культуры, основные агротехнические требования, включая сроки выполнения каждой операции, составы эффективных машинно-тракторных и других агрегатов, численность обслуживающего персонала, производительность агрегатов, эксплуатационные затраты и т.д.

Разработан и утвержден "Федеральный регистр технологий произ-

водства продукции растениеводства" [8] с учетом почвенно-климатических и производственных условий каждой зоны для хозяйств с разным экономическим потенциалом. Выделены три группы технологий: высокие, интенсивные и нормальные. Каждая технологическая операция предполагает соблюдение определенных правил выполнения, которые приведены в операционной технологии. Она представляет собой научно обоснованную технологию выполнения отдельных работ или операций, обеспечивающую эффективное использование агрегатов в заданных почвенно-климатических и производственных условиях. Теоретической основой разработки операционных технологий механизированных работ в сельском хозяйстве служат общие методы научной организации труда по аналогии с технологией производства различных работ на промышленных предприятиях.

Химическая промышленность выпускает около 20 видов минеральных удобрений. При длительном хранении минеральные удобрения самопроизвольно слеживаются в мешках, из-за чего перед внесением их необходимо растарить и измельчить. Размер частиц не должен превышать 3 мм. Для измельчения удобрений используют навесной измельчитель типа ИСУ-4, АИР-20, для загрузки в бункер измельчителя — различные погрузчики. В зависимости от баланса питательных веществ в

почве и потребности растений разные виды удобрений смешивают в заданном соотношении. При внесении твердых минеральных удобрений особое внимание уделяют правильной организации и полной механизации работ, соблюдению сроков, доз и равномерности внесения.

В технологиях возделывания применяют дробное внесение удобрений: основное и в виде подкормок. Основную дозу (более 2/3) удобрений вносят при подготовке почвы к посеву, применяя сплошное поверхностное внесение. Это более трудоемкий способ, так как по срокам он совпадает с основной обработкой почвы, когда ограничивается время выполнения работ и количество исполнителей. В зависимости от наличия машин, расстояния доставки удобрений до поля, дозы их внесения и других факторов используют прямоточную или перевалочную технологическую схему работы ТТА. Средняя норма внесения гранулированных минеральных удобрений при реализации интенсивной технологии на севооборот составляет 0,45 т/га.

Технологический процесс поверхностного внесения минеральных удобрений включает погрузку удобрений со складов в транспортные средства, перевозку к полю и распределение по поверхности с последующей заделкой в почву. Работы по внесению минеральных удобрений в почву выполняются комплексом машин, состоящим из погрузчиков,



Рис. 1. ТТА со сменной технологической надстройкой СТА-5ТМ на базе автомобильного шасси Урал-432065

транспортных средств и машин для внесения удобрений — разбрасывателей.

Минеральные удобрения вносят до основной обработки почвы, перед предпосевной культивацией, по стерне или взлущенному полю после уборки зерновых и пропашных культур и т.д. В процессе работы ТГА должна устойчиво обеспечиваться заданная доза. ТГА обеспечивают внесение установленной дозы с интервалом регулировки 0,05 т/га при скорости движения агрегата до 12 км/ч. Допускаются отклонение от установленной дозы не более $\pm 10\%$, неравномерность распределения минеральных удобрений по рабочей ширине захвата (с учетом оптимального перекрытия) не более $\pm 25\%$. Контроль качества необходимо выполнять как во время работы, так и по окончании.

ТГА должны быть подготовлены и отрегулированы для качественного выполнения технологического процесса. Минеральные удобрения необходимо вносить в установленные агротехнические сроки, обеспечивать установленные дозы высева, равномерно распределять по всей обрабатываемой площади, в т.ч. на поворотных полосах. Перекрытие смежных (стыковочных) проходов агрегата не должно превышать 5% от рабочей ширины захвата. Устройство для регулирования доз внесения удобрений должно обеспечивать возможность устанавливать дозу 100—1000 кг/га при скорости движения агрегата до 12 км/ч. Скорость движения ТГА определяют в результате трех заездов на учетном проходе длиной не менее 50 м. Погрешность измерения времени ± 1 с, длины пути ± 10 см. Скорость движения ТГА, м/с, вычисляют по формуле:

$$V = \frac{L}{t},$$

где L — длина пути, м; t — продолжительность опыта, с.

Для установления дозы и рабочей ширины внесения удобрений до начала отбора проб делают контрольные проезды на участке, отведенном для настройки ТГА. Удобрения собирают в контейнеры и взвешивают с погрешностью ± 20 мг. Контейнеры расставляют по всей ширине внесения на каждом проходе ТГА. При

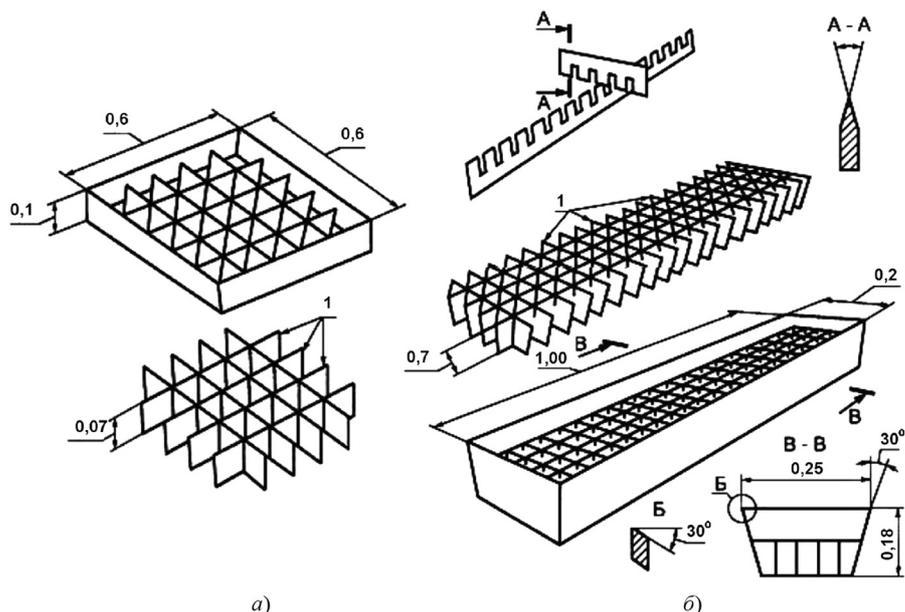


Рис. 2, а, б. Образцы контейнера для испытаний машин при внесении удобрений (размеры в метрах):

1 — решетчатая вставка

настройке с симметричным характером внесения удобрений на заданную дозу и ширину допускается расставлять контейнеры по следующей схеме: по линии, перпендикулярной движению ТГА, устанавливают один контейнер в межколесном пространстве, один — рядом с правой колеей, один — рядом с левой, по три контейнера — на концах ориентировочной рабочей ширины внесения (на месте центра наложения условных проходов). Агрегат считается отрегулированным на дозу внесения, если масса внесенных удобрений в трех повторениях отличается от заданной не более чем на $\pm 5\%$. В процессе испытаний не допускается смещение регуляторов доз и перемешивание удобрений, находящихся в емкостях.

Минимальную и максимальную дозы внесения определяют методом сбора удобрений в контейнеры в трех опытах. Их взвешивают на весах с погрешностью 120 мг. Дозы внесения удобрений U , кг/га, вычисляют с округлением до первого десятичного знака по формуле:

$$U = \frac{10g}{S},$$

где g — средняя масса удобрений в контейнере за опыт, г; S — площадь контейнера, м².

Отклонение фактической дозы внесения удобрений от заданной с округлением до первого десятичного знака вычисляют по формуле:

$$\Delta U = \left(U_3 - \frac{U_{\Phi}}{U_3} \right) \cdot 10^2,$$

где U_3 — заданная доза внесения удобрений, приведенная к рабочей ширине внесения, кг/га; U_{Φ} — фактическая доза внесения удобрений на фактической ширине внесения, кг/га.

За неравномерность распределения удобрений на общей и рабочей ширине внесения принимают коэффициент вариации массы удобрений, попавшей в отдельные контейнеры, которые установлены на общей ширине сплошным рядом перпендикулярно направлению движения.

До прохода ТГА контейнеры (рис. 2) расставляют в три сплошных поперечных ряда. На каждом режиме проводят три опыта согласно ГОСТ 28714—2007 "Машины для внесения твердых минеральных удобрений. Методы испытаний".

При ширине колеи в один контейнер массу удобрений в нем определяют как среднее из двух граничащих с колеей контейнеров (рис. 3). При ширине колеи в два контейнера массу удобрений в них рассчитывают

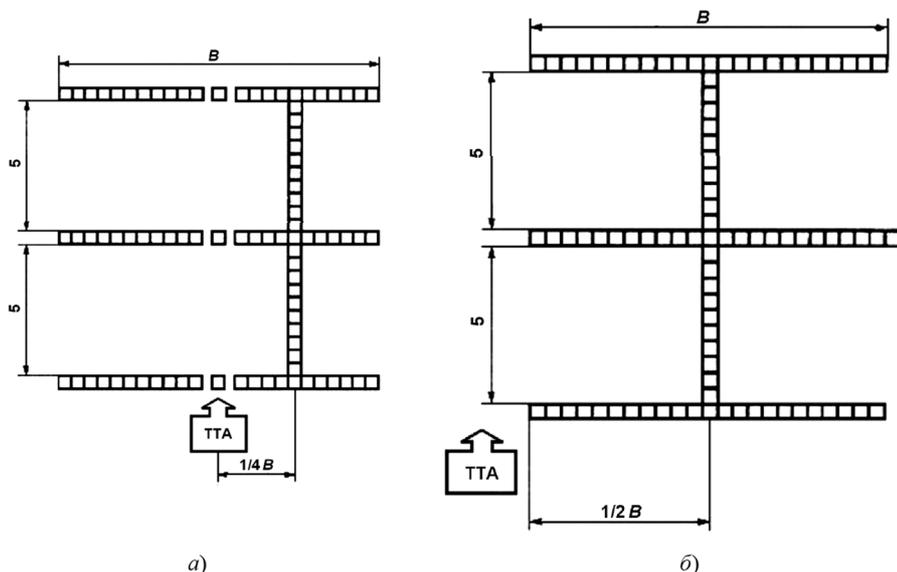


Рис. 3. Схема размещения контейнеров одной повторности при определении показателей качества выполнения технологического процесса (размеры в метрах):

а — при симметричном внесении удобрений; *б* — при асимметричном внесении удобрений; *B* — ширина внесения

ют следующим образом: для первого от центра контейнера масса равна массе граничного контейнера минус одна треть этой массы, для второго контейнера масса равна массе второго граничного контейнера плюс одна треть этой массы. Расстояние между рядами не менее 5 м, между повторениями — не менее 50 м. Для того чтобы удобрения, попадающие в контейнеры, не терялись от рикошета, применяют решетчатые вставки с ячейками размером $0,05 \times 0,05$ м и высотой не более половины высоты контейнера.

После прохода ТТА удобрения из каждого контейнера последова-

тельно взвешивают с погрешностью ± 20 мг. Данные обрабатывают статистическим методом [11]. За неравномерность распределения удобрений по ходу движения ТТА принимают коэффициент вариации массы удобрений, попавшей в отдельные контейнеры, которые установлены по ходу движения ТТА на длине не менее 10 м. При симметричном внесении удобрений контейнеры располагают справа от центральной линии на расстоянии $1/4$ от общей ширины внесения. Общую и рабочую ширину внесения определяют одновременно с дозой и неравномерностью распределения удобрения в процессе

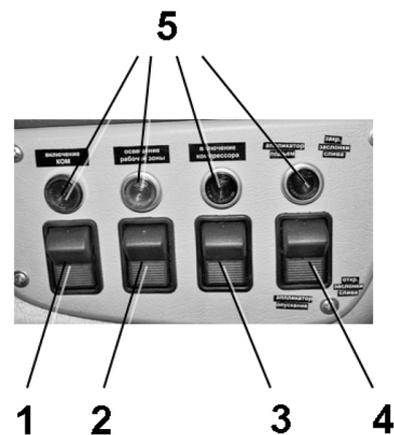


Рис. 4. Панель переключателей и световых сигнализаторов с кнопками включения/выключения:

1 — коробки отбора мощности (гидронасоса); 2 — компрессора; 3 — освещения рабочей зоны; 4 — подъема/опускания аппликатора и открытия/закрытия заслонки слива; 5 — световые сигнализаторы

обработки данных по каждой повторности. За общую ширину внесения принимают расстояние между крайними контейнерами, масса удобрения в каждом из которых должна быть не менее 20 мг. За рабочую ширину внесения принимают ширину (при работе ТТА с перекрытием), при которой обеспечивается неравномерность. Перекрытие должно проводиться не более чем до половины общей ширины внесения.

Управление агрегатом производится из кабины автомобиля (рис. 4).

Результаты и их обсуждение

Установочное значение дозы внесения удобрений определяется с помощью счетной линейки и зависит от сорта удобрений (насыпной объемной массой), ширины захвата, рабочей скорости, нормы внесения. Для установленной нормы внесения следует определить необходимые положение главной шиберной заслонки дозатора и скорость транспортерной ленты [9—11]. Результаты расчетов кинематических характеристик ТТА при внесении минеральных удобрений для различных способов движения представлены в таблице.

Эффективность использования комплекса технических средств во

Кинематические характеристики ТТА при внесении твердых гранулированных минеральных удобрений

Способ движения ТТА	Вид поворотов	Значение коэффициента рабочих ходов φ на длине гона L_p		
		400	800	1200
Челночный	Полукруговой	0,7	0,83	0,89
	Грушевидный	0,67	0,78	0,85
	Закрытая петля	0,72	0,84	0,9
Перекрытием	С прямолинейным участком	0,65	0,75	0,85
	Грушевидный	0,56	0,73	0,82
	Закрытая петля	0,7	0,83	0,89

многим зависит от организации его технологического обслуживания. Система обслуживания должна обеспечивать снижение простоев машин каждого смежного звена в период выполнения полевых работ. Размер затраченных на эксплуатацию средств необходимо определять из их сопоставления с эффектом от сокращения простоев. Следует учитывать потери времени и использование ГТА в составе технологических комплексов машин, включающих, как правило, один погрузчик и несколько автомобилей. Это характерно для предприятий районных служб химизации сельского хозяйства и предопределяет поточную организацию смежных операций (погрузка — транспортировка — внесение), что уже эффективно.

Выводы

Технология внесения твердых минеральных удобрений транспортно-технологическим агрегатом СТА-5ТМ на базе специализированного автомобильного шасси Урал-432065 обеспечивает возможность повышения эффективности работ при росте производительности труда и снижении себестоимости конечной продукции.

Литература и источники

1. Галкин С. Н., Дзотсенидзе Т. Д., Левшин А. Г. и др. Агротехнические и технологические параметры автомобилей с.-х. назначения // Тракторы и сельхозмашины. 2011, № 5. С. 3—6.

2. Измайлов А. Ю., Евтушенков Н. Е., Дзотсенидзе Т. Д. и др. Инновационное развитие транспортной сферы агропромышленного комплекса. М.: ВИМ, 2011. 232 с.

3. Дзотсенидзе Т. Д., Левшин А. Г., Измайлов А. Ю. и др. Создание новой линейки специализированного автомобильного транспорта сельскохозяйственного назначения // Технология колесных и гусеничных машин — Technology of wheeled and tracked machines. 2012, № 1. С. 29—35.

4. Дзотсенидзе Т. Д., Галкин С. Н., Левшин А. Г. и др. Специализированный автомобильный транспорт сельскохозяйственного назначения: Монография. М.: ООО "НИИКА", Metallurgizdat, 2013. 368 с.

5. Дзотсенидзе Т. Д., Галкин С. Н., Левшин А. Г. и др. К вопросу о создании технологических адаптеров сельскохозяйственного назначения на шасси автомобиля Урал-432065 // Технология колесных и гусеничных машин — Technology of wheeled and tracked machines. 2012, № 3. С. 30—38.

6. Шкель А. С., Загарин Д. А., Козловская М. А. и др. Новое семейство технологических надстроек для АПК на базе специализированного автомобиля сельскохозяйственного назначения // Технология колесных и гусеничных машин — Technology of wheeled and tracked machines. 2015, № 6. С. 12—19.

7. Шкель А. С. Анализ отечественного и зарубежного опыта применения сменных технологических надстроек на базе шасси грузовых автомобилей сельскохозяйственного назначения // Труды НАМИ. 2016, № 264. С. 117—131.

8. Федеральный регистр технологий производства продукции растениеводства. Система технологий. М.: Информагротех, 2000. 517 с.

9. Шкель А. С., Козловская М. А., Дзотсенидзе Т. Д. Особенности эксплуатации сменной технологической надстройки для внесения твердых минеральных удобрений СТА-5ТМ на базе шасси грузового автомобиля Урал-432065 // Тракторы и сельхозмашины. 2016, № 5. С. 17—21.

10. Шкель А. С., Козловская М. А., Дзотсенидзе Т. Д. Эксплуатационные требования к сменной технологической надстройке для транспортировки и внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений СТА-5ЖО на базе шасси грузового автомобиля Урал-432065 // Тракторы и сельхозмашины. 2016, № 6. С. 12—16.

11. Шкель А. С., Козловская М. А., Дзотсенидзе Т. Д. Исследование технологий внесения жидких органических удобрений транспортно-технологическим агрегатом сельскохозяйственного назначения // Тракторы и сельхозмашины. 2016, № 7. С. 47—51.

References

1. Galkin S. N., Dzotsenidze T. D., Levshin A. G., Evtuyshenkov N. E. Agrotechnical and technological parameters of agricultural trucks. *Traktory i sel'khoz mashiny*, 2011, no. 5, pp. 3—6 (in Russ.).

2. Izmaylov A. Yu., Evtuyshenkov N. E., Dzotsenidze T. D., Levshin A. G., Galkin S. N. *Innovatsionnoe razvitiye transportnoy sfery agropromyshlennogo kompleksa* [Innovative transport development of agricultural sector]. Moscow, All-Russian Re-

search Institute of Agricultural Mechanization Publ., 2011, 232 p.

3. Dzotsenidze T. D., Levshin A. G., Izmaylov A. Yu., Evtuyshenkov N. E., Galkin S. N., Sorokin V. N., Sereda P. V. Designing a new line of agricultural specialized vehicles. *Tekhnologiya kolesnykh i gusenichnykh mashin* [Technology of wheeled and tracked machines], 2012, no. 1, pp. 29—35 (in Russ.).

4. Dzotsenidze T. D., Galkin S. N., Levshin A. G., Kozlovskaya M. A., Sorokin V. N., Sereda P. V. *Spetsializirovanny avtomobil'nyy transport sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya* [Specialized motor transport for agricultural use]. Moscow, NIKA LLC, Metallurgizdat Publ., 2013, 368 p.

5. Dzotsenidze T. D., Galkin S. N., Levshin A. G., Loginov K. Yu. On designing farm-purpose replacement technological adapters for Ural-432065 chassis. *Tekhnologiya kolesnykh i gusenichnykh mashin* [Technology of wheeled and tracked machines], 2012, no. 3, pp. 30—38 (in Russ.).

6. Shkel' A. S., Zagarin D. A., Kozlovskaya M. A., Dzotsenidze T. D., Merkulov A. V. The development of a new family of technological superstructures for agriculture on the basis of a specialized agricultural vehicle. *Tekhnologiya kolesnykh i gusenichnykh mashin* [Technology of wheeled and tracked machines], 2015, no. 6, pp. 12—19 (in Russ.).

7. Shkel' A. S. The analysis of domestic and foreign operational experience of the replaceable technological superstructures on the basis of a specialized agricultural vehicle. *Trudy NAMI*, 2016, no. 264, pp. 117—131 (in Russ.).

8. *Federal'nyy registr tekhnologiy proizvodstva produktsii rasteniyevodstva. Sistema tekhnologiy* [Federal register of technologies in crop production. System of technologies]. Moscow, Informagrotekh Publ., 2000, 517 p.

9. Shkel' A. S., Kozlovskaya M. A., Dzotsenidze T. D. Features of operation of STA-5ТМ replaceable technological superstructure for application of solid mineral fertilizers based on Ural-432065 vehicle chassis. *Traktory i sel'khoz mashiny*, 2016, no. 5, pp. 17—21 (in Russ.).

10. Shkel' A. S., Kozlovskaya M. A., Dzotsenidze T. D. Operational requirements to STA-5ZhO replaceable technological superstructure for transportation and subsoil application of liquid organic fertilizers based on Ural-432065 vehicle chassis. *Traktory i sel'khoz mashiny*, 2016, no. 6, pp. 12—16 (in Russ.).

11. Shkel' A. S., Kozlovskaya M. A., Dzotsenidze T. D. Study of technology of liquid organic fertilizers application by a transport-technological unit for agricultural purposes. *Traktory i sel'khoz mashiny*, 2016, no. 7, pp. 47—51 (in Russ.).