

**Математическое моделирование в приложении к обоснованию
инновационной стратегии развития компании Liliani**

Светлана Валентиновна Чумакова¹, Павел Владимирович Бобров², Роман Вадимович Чумаков³

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

²ООО «Агротек», г. Саратов, Россия

³Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия
e-mail ch-sv@yandex.ru

Аннотация. В статье проведена классификация организационных мероприятий по проведению работы в АПК, определена целевая функция, являющаяся совокупностью указанных мероприятий, показаны пути увеличения значений целевой функции на примере осуществления погрузки – разгрузки при использовании инновационного научного подхода, минимизирующего временные затраты за счет сокращения потери груза при определении оптимального сочетания систем хранения или погрузочных комплектов, учитывая их габариты.

Ключевые слова: целевая функция; оптимизация; инновация; погрузочно – разгрузочные работы; интегральное исчисление.

Для цитирования: Чумакова С. В., Бобров П. В., Чумаков Р. В. Математическое моделирование в приложении к обоснованию инновационной стратегии развития компании Liliani // Аграрный научный журнал. 2023. № 9. С. 152–159. http: 10.28983/asj.y2023i9pp152-159.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

**Mathematical modeling in the application to the rationale
for the innovative development strategy of the company Liliani**

Svetlana V. Chumakova¹, Pavel V. Bobrov², Roman V. Chumakov³

¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

²Agrotek LLC, Saratov, Russia

³Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, Saratov, Russia
e-mail: ch-sv@yandex.ru

Abstract. The article classifies organizational measures for carrying out work in the agro-industrial complex, determines the objective function, which is a combination of these activities, shows ways to increase the values of the objective function using the example of loading and unloading when using an innovative scientific approach that minimizes time costs by reducing the loss of cargo when determining the optimal combinations of storage systems or loading components, taking into account their dimensions.

Keywords: objective function; optimization; innovation; loading and unloading operations; integral calculus.

For citation: Chumakova S. V., Bobrov P. V., Chumakov R. V. Mathematical modeling in the application to the rationale for the innovative development strategy of the company Liliani // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = The Agrarian Scientific Journal. 2023;(9):152–159. (In Russ.). http: 10.28983/asj.y2023i9pp152-159.

Введение. Развитие аграрного комплекса (АПК) в современных реалиях является одним из приоритетных, так как его достижения зачастую коррелируют с движением вперед человечества в целом. Сфера аграрного комплекса представляет совокупность таких элементов, как сельское хозяйство, переработка, хранение и реализация сельхозпродукции, отрасли, обеспечивающие развитие АПК. Одной из важных составляющих выступает техническая компонента, обеспечивающая достижение более высоких экономических и качественных показателей в указанной области. Используемую в АПК техническую составную часть условно можно разделить на специальную сельскохозяйственную технику, такую как сеялки, комбайны, жатки и т. д., которая предназначена





для выполнения конкретных аграрных задач, и на вспомогательную, которая может применяться не только в АПК, но при соответствующей адаптации обеспечивает качественную реализацию целей аграриев. Таким образом, перед каждой технической единицей, независимо от ее классификации, стоит цель выполнить поставленную задачу в установленный срок и с наименьшими физическими затратами, такими как расход топлива или других технических жидкостей, амортизация деталей, временные ограничения и т.д.

Методика исследований. Среди нескольких перечисленных факторов, оказывающих наибольшее влияние на оптимизацию в АПК, выделяется время, таким образом, его сокращение оказывает существенное влияние на эффективность работы [8].

Одним из немаловажных вариантов сокращения временных затрат для выполнения той или иной задачи является правильная организация проведения работы [9]. В работе рассматриваются некоторые подходы к решению проблемы организации работы, в частности, путем алгоритмизации ее основных составляющих и использования элементов математического моделирования [1–3, 8].

Сначала, для общего случая была определена целевая функция R_p , которая является совокупностью подзадач r_i , причем число i изменяется в диапазоне $\overline{1; n}$ (8).

Случай для n слагаемых представлен формулой (1):

$$R_n = \sum_{i=1}^n r_i = r_1 + r_2 + \dots + r_i + \dots + r_n. \quad (1)$$

Для наглядного представления формулы (1) была составлена блок-схема на рис. (1):

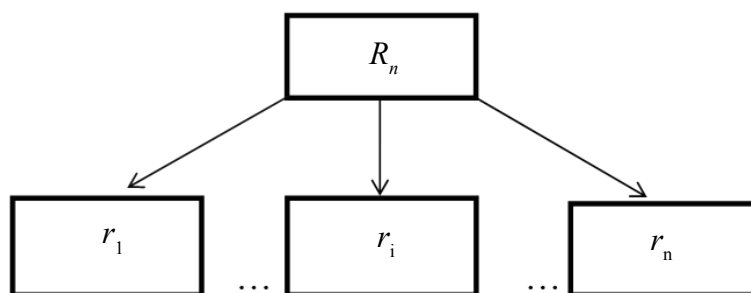


Рис 1. Блок-схема, отражающая зависимость целевой функции R_n от соответствующих ее элементов r_i , $i = 1; n$

Как показано в формуле (1), количество слагаемых r_i может быть любым числом, поэтому изменения i могут варьировать от 1 до n , так как функция R_n может иметь наполняемость в зависимости от ситуационной задачи [5]. В работе представлена классификация работы АПК, состоящая из трех основных элементов. Следовательно, в формуле (1) целевая функция R , соответствующая численному представлению организации труда в АПК, является суммой трех слагаемых и может быть разбита на такие составляющие, как ресурсная составляющая, оптимизирующая и трудорациональная. При этом ресурсная составляющая r_1 предполагает экономию ресурсов за счет перехода к более производительному труду и улучшению качества его конечного результата. Составляющая r_2 предполагает оптимизацию труда, в частности, как за счет повышения квалификации работников, так и за счет технического наполнения производства. Трудорациональная составляющая r_3 отвечает за рационализацию организации труда и включает в себя разработку и применение наиболее приемлемого режима работы для сотрудников АПК в целом [9]. Адаптируя формулу (1) к ситуации с тремя слагаемыми, получим формулу (2):

$$R_3 = \sum_{i=1}^3 r_i = r_1 + r_2 + r_3. \quad (2)$$

Данное утверждение, выраженное формулой (2), представлено блок-схемой следующим образом (рис. 2):

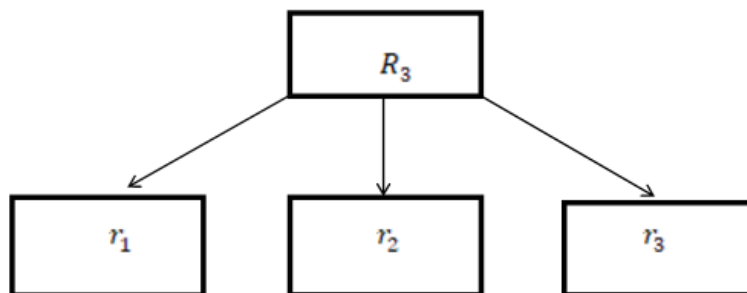


Рис 2. Блок-схема, отражающая составляющие целевой функции R , соответствующей организации труда в АПК: r_1 – ресурсная составляющая; r_2 – оптимизирующая составляющая; r_3 – трудорациональная составляющая

Усовершенствование каждой составляющей функции R автоматически приводит к улучшению организации труда в целом [9]. Способы подобных усовершенствований непосредственно



зависят от конкретного вида производства, и, так как агропромышленный комплекс включает в себя разнообразные отрасли, такие как сельское хозяйство, пищевую и биологическую промышленность, пищевое, сельскохозяйственное и автотракторное машиностроение, производство химических удобрений, средства защиты растений, строительство сельскохозяйственных, промышленных и социально-культурных объектов, связь, ветеринарную и санитарно-эпидемиологическую службы и т. д., то и подходы к реализации повышения целевой функции R_n по их совершенствованию могут отличаться, как по своему наполнению, так и способами исполнения [4, 6, 7].

В работе рассматриваются некоторые способы решения проблемы увеличения целевой функции R_n за счет более совершенного подхода к улучшению состояния некоторых ее составляющих в сельском хозяйстве посредством креативных предложений, касающихся аграрного машиностроения.

Рассмотрен вариант сокращения рабочего времени техническими единицами АПК за счет персонализации и учета индивидуальных потребностей во время выполнения конкретных задач, что позволяет использовать технику с наибольшей отдачей, и, соответственно, увеличить значение функции R_n . Выбор такой темы в данной работе обусловлен тем, что сельскохозяйственное машиностроение является одной из фундаментальных отраслей в современном сельском хозяйстве, которая поставляет оборудование и технику, позволяющих выполнять многочисленные задачи производства агропродукции. Все три составляющие целевой функции R_3 : r_1 , r_2 и r_3 во многом зависят от габаритных характеристик технических единиц как во время самостоятельного выполнения задач, так и во время взаимодействия друг с другом. Так, например, при осуществлении разгрузочно-погрузочных работ габариты техники должны быть оптимально учтены при привязке к конкретному виду перемещаемого груза и к принимающим это груз емкостям.

Исследования проводили по данным компании Liliani, которая, являясь одним из лидеров аграрного машиностроения, специализируется на агрологистике.

Компании Liliani в настоящее время специализируется на производстве следующих видов продукции:

бункеров-перегрузчиков зерна;

оборудования для организации хранения зерна в рукавах: зерноупаковочных машин МЗУ, многофункциональных перегрузочных машин – МЗР;

автомобильных перегрузчиков МВА;

специальной техники для загрузки вагонов-хопперов сыпучими гранулированными продуктами.

Во время выполнения задания необходимо оптимально сочетать разнообразные технические единицы при совместной работе, правильно адаптировать их к многообразию грузов. При решении совместимости габаритов грузов, емкостей и технических единиц прослеживается явное снижение рисков убыточности и потери ресурсов – инвестиционных, операционных, трудовых и временных, что в свою очередь ведет к увеличению значений целевой функции R_n в общем случае и R_3 – в частном, характеризующейся составляющими r_1 , r_2 и r_3 (r_1 – ресурсная составляющая; r_2 – оптимизирующая составляющая; r_3 – трудорациональная составляющая).

Ниже приведены фотографии, отражающие процесс выполнения разнообразных работ различными техническими единицами, произведенными компанией Liliane и адаптированных под определенные виды деятельности (рис. 3–6).

Достижение улучшенных показателей в сфере АПК достигается путем применения инновационных технологий и постоянного анализа исходных и конечных данных. В работе рассмотрен, в частности, вариант сокращения потерь части груза во время проведения погрузочно-разгрузочных работ [6].

Для более детального рассмотрения проблемы подбора соответствия емкостей при осуществлении технически оснащенных разгрузочно-погрузочных работ рассмотрен процесс перемещения сыпучих грузов. Как известно, для его осуществления необходимо иметь в наличии груз, емкость для складирования груза и погрузчик. В данном, частном, случае рассматривался вариант ковшового погрузчика. Погрузчик изначально находился на исходной позиции около сыпучего груза, подготовленного к погрузке на некотором расстоянии от емкости [6].



Рис. 3. Система увлажнения зерна



Рис. 4. Загрузка посевного комплекса



Рис. 5. Загрузка сеялки



Рис. 6. liliani.ru Бункер-перегрузчик «Лилиани» БП 22/28 в агрегате с трактором John Deere





Так как виды сыпучих грузов многообразны, то целесообразно подходить к размещению подобных материалов с помощью индивидуального подхода и, анализируя габариты груза и вспомогательных для его перемещения емкостей выбирать максимально подходящий вариант их совмещения.

На рис. 7 в системе координат XOY схематично представлен вариант расположения груза в емкости.

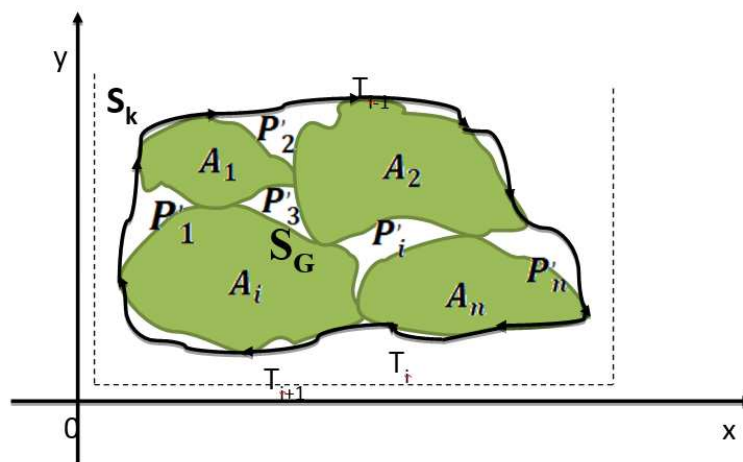


Рис. 7. $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n$ – отдельные элементы груза, $P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_n$ – пустоты между частями груза; $T_1, T_2, \dots, T_{i-1}, T_i, T_{i+1}, \dots, T_n$ – опорные точки, разбивающие путь интегрирования T на части $(T_{i-1}; T_i)$, $i = 1, 2, \dots, i, i+1, \dots, n$

В работе рассмотрен аналитический способ подсчета габаритов грузов. Для этого была использована теория интегральных исчислений:

площадь вертикального сечения кузова находится из знания технических характеристик машины (длина, высота, ширина кузова, форма);

площадь вертикального сечения транспортируемого груза нашли при использовании криволинейного интеграла 2-го рода (с указанием направления интегрирования), учитывая параметры как отдельных компонент груза, так и возможное наличие пустот между указанными компонентами.

Обозначили линию, описывающую расположение груза, как T , и сопоставили ее с путем интегрирования, то есть T является границей области G . Путь интегрирования T разбили на участки, тогда

$$f_i \in (T_{i-1}; T_i), f_{i+1}(x) \in (T_i; T_{i+1}) \text{ и т.д. то есть } T = \sum_{i=1}^n (T_i; T_{i-1}),$$

где $T_1, T_2, \dots, T_{i-1}, T_i, T_{i+1}, \dots, T_n$ – опорные точки, разбивающие путь интегрирования T на участки интегрирования $(T_{i-1}; T_i)$, $i = 1, 2, \dots, i, i+1, \dots, n$.

Используя интеграл по контуру, получили формулу подсчета габаритов груза, расположенного внутри емкости, которые будут отражаться как площадь вертикального сечения S_G :

$$S_G = \oint_T \left(\sum_{i=1}^n f_i(x) \right) dx. \quad (3)$$

Далее способ подбора соответствующих емкостей, используемых при осуществлении погрузочно – разгрузочных работ основывается на оценке коэффициентов K_p, K_r, K_v , [1–3] полученных из соотношений габаритов отдельных единиц груза, груза в целом и применяемых при емкостей.

$$K_1 = \frac{S_p}{S_k}; \quad (4)$$

$$K_2 = \frac{S_p}{S_{\Pi}}; \quad (5)$$

$$K_3 = \frac{S_G}{S_k}; \quad (6)$$

$$K_4 = \frac{NV_P}{V_k}. \quad (7)$$

В приведенных формулах подсчета коэффициентов использовались следующие обозначения: K_1 – коэффициент соотношения площади вертикального сечения пустот между компонентами груза и площадью вертикального сечения принимающей емкости; K_2 – коэффициент соотношения площади вертикального сечения пустот между компонентами груза и площадью вертикального сечения емкости погрузчика; K_3 – коэффициент соотношения площади вертикального сечения пустот между компонентами груза и площадью вертикального сечения принимающей емкости; K_4 – коэффициент оптимальности соотношения вместимости принимающей и погрузочной емкостей; S_G – площадь вертикального сечения груза, м²; S_{A_i} – площадь вертикального сечения произвольной части (компоненты) груза, м²; S_{P_i} – площадь вертикального сечения одной из пустот, м²; S_k – площадь вертикального сечения, принимающей емкости, м²; S_p – площадь вертикального сечения пустот, образовавшихся в результате неплотного прилегания частей (компонентов) груза, м²; S_{Π} – площадь вертикального сечения, емкости погрузчика, м²; V_k – вместимость принимающей емкости, м³; V_{Π} – вместимость емкости погрузчика, м³; N – число полных циклов погрузчика при уборке потерянной части груза, шт.

Результаты исследований. Подсчет указанных коэффициентов и их оценка дают возможность говорить об оптимальном подборе необходимых емкостей и технических единиц. Если коэффициенты K_1 , K_2 , K_3 , K_4 не превышают 1, то делается вывод о верно подобранных по габаритным параметрам груза, емкости погрузчика и принимающей емкости. Результаты этого подбора удобно занести в табл. 1 [12], отражающую наиболее совместимые емкости и, например, технические единицы АПК.

В табл. 1 введены следующие обозначения: P_i – габариты груза или емкости одной из погрузочных технических единиц; Car_i – габариты другой (принимающей груз) емкости.

При этом знаками «+» или «-» в таблице обозначается наличие оптимальной совместимости емкости, осуществляющей погрузку и принимающей емкости.

Таблица 1

Результаты подбора

$\begin{matrix} P \\ Car \end{matrix}$	P_1	P_2	P_3	...	P_i	...	P_n
Car_1	-	+	-	...	+	...	-
Car_2	+	-	+	...	-	...	+
Car_3	-	+	-	...	-	...	+
...	...	...	...	...	...	...	...
Car_i	-	-	+	...	-	...	-
...	...	...	...	...	...	...	...
Car_n	+	-	-	...	+	...	-

Так, в частности, проводя исследования по оптимальности совместимости бункеров-перегрузчиков компании Liliani, которые значительно увеличивают производительность, и объемную вместимость КамАЗов, которые также могут участвовать в процессе транспортирования такого важного сельскохозяйственного груза, как зерно, и используя табл. 1, были получены следующие результаты, занесенные в табл. 2 [12]. В табл. 2 в верхней строке перечислены бункеры-перегрузчики с указанными объемными характеристиками, в крайнем левом столбце – объемные габаритные размеры КамАЗов, а на пересечении строк и столбцов в таблице обозначается наличие оптимальной совместимости и $\Delta V = nV_k - V_{\Pi}$ (м³), n – количество машин, необходимое для загрузки принимающей емкости, а в скобках наиболее приемлемое число подходов КамАЗов для заполнения бункера-перегрузчика.



Результаты

P Car	P_1 БП-16/20 20 м ³	P_2 БП-22/28 габаритный 28 м ³	P_3 БП-22/28 негабаритный 28 м ³	P_4 БП-25/31 31 м ³	P_5 БП-33/42 42 м ³	P_6 БП-40/50 50 м ³
Car_1 6 м ³	$\Delta V = 4$ $n = 3$	$\Delta V = 2$ $n = 5$	$\Delta V = 2$ $n = 5$	$\Delta V = 1$ $n = 5$	$\Delta V = 0$ $n = 7$	$\Delta V = 2$ $n = 8$
Car_2 8 м ³	$\Delta V = 4$ $n = 2$ или $n = 3$	$\Delta V = 4$ $n = 3$ или $n = 4$	$\Delta V = 4$ $n = 3$ или $n = 4$	$\Delta V = 1$ $n = 4$	$\Delta V = 2$ $n = 5$	$\Delta V = 2$ $n = 6$
Car_3 10 м ³	$\Delta V = 0$ $n = 2$	$\Delta V = 2$ $n = 3$	$\Delta V = 2$ $n = 3$	$\Delta V = 1$ $n = 3$	$\Delta V = 2$ $n = 4$	$\Delta V = 0$ $n = 5$
Car_4 12 м ³	$\Delta V = 4$ $n = 2$	$\Delta V = 4$ $n = 2$	$\Delta V = 4$ $n = 2$	$\Delta V = 5$ $n = 3$	$\Delta V = 6$ $n = 3$ или $n = 4$	$\Delta V = 2$ $n = 4$
Car_5 25 м ³	$\Delta V = 5$ $n = 1$	$\Delta V = 3$ $n = 1$	$\Delta V = 3$ $n = 1$	$\Delta V = 6$ $n = 1$	$\Delta V = 8$ $n = 2$	$\Delta V = 0$ $n = 2$

Дальнейшая оптимизация оптимального подбора емкостей зависит от соотношения чисел в таблице.

Применение полученных коэффициентов и вспомогательной табл. 1 дает возможность увеличить значение целевой функции R_3 за счет уменьшения временных затрат при организации работ в АПК при проведении погрузки–разгрузки, так как при этом уменьшаются потери груза и, соответственно, уменьшаются затраты на их устранение.

Закключение. В работе рассмотрена целевая функция R , отвечающая за направления развития АПК, и определены ее наиболее крупные составляющие r_1, r_2, r_3 [1–3]. Так как введенная функция представляет собой в общем случае совокупность n слагаемых (1), то конкретизированный список составляющих может быть уточнен и расширен, что позволит расширить круг научных вопросов и получить более разветвленную математическую модель процессов, относящихся к АПК, а, значит, более детально подходить к его развитию [10–11].

Подобную проблему успешно решает компания Liliane, применяя оригинальные варианты подхода к этому вопросу, учитывая специфику груза, параметры емкости погрузчика и принимающей емкости.

В работе применение математического моделирования позволило структурировать адаптацию технических единиц или систем хранения по геометрическим параметрам в зависимости от вида груза. В частности, опираясь на теорию интегральных исчислений, в работе получена формула, позволяющая оценить параметры груза, выведены коэффициенты K_1, K_2, K_3, K_4 относительно его расположения в емкостях погрузчика или принимающей емкости. Предложен вариант таблицы, позволяющей оптимизировать процесс адаптации принимающих его емкостей в процессе хранения или погрузочно-разгрузочных работах к различным видам грузов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов В.Н., Кузнецова Т.А., Чумакова С.В. Операторные методы в нелинейной механике // Исследования по алгебре, теории чисел, функциональному анализу и смежным вопросам. 2003. № 1. С. 70–80.
2. Кузнецов В.Н., Кузнецова Т.А., Чумакова С.В., Пшенов Д.В., Шабанов Л.Б. Операторный подход в задаче статической потери устойчивости оболочечных конструкций // Исследования по алгебре, теории чисел, функциональному анализу и смежным вопросам. 2003. № 1. С. 59–70.
3. Кузнецов В.Н., Кузнецова Т.А., Чумакова С.В. О численной реализации метода последовательных нагружений при расчете геометрически нелинейных оболочек // Исследования по алгебре, теории чисел, функциональному анализу и смежным вопросам. 2010. № 6. С. 27–43.
4. Левченко Г., Яковлев В. Погрузчик для тепличного овощеводства // Овощеводство и тепличное хозяйство. 2015. № 8. С. 201–206.
5. Чумакова С.В., Попов Д.А. Математические методы и компьютерные технологии в исследовании компонентов природной среды // Специалисты АПК нового поколения: сб. статей Всерос. науч.-практ. конф. Саратов, 2016. С. 872–875.





6. Павлов П.И., Хакимзянов Р.Р., Павлов И.П., Овчинникова Т.В. Погрузчик непрерывного действия для погрузки картофеля // Аграрный научный журнал. 2017. № 6. С. 67–69.
7. Буйлов В.Н., Люляков И.В., Чумакова С.В. К вопросу о причинах износа рабочих органов культиваторов // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: материалы 30-го Международ. семинара им. В.В. Михайлова. Саратов, 2017. С. 139–141.
8. Чумакова С.В., Абдразакова Я.Р. Применение математического моделирования к задачам прикладного характера // Современная интеллектуальная трансформация социально-экономических систем: материалы III Международ. науч.-практ. конф. Саратов, 2020. С. 147–150.
9. Шишурин С.А., Чумакова С.В., Меденко А.А. Повышение эффективности сервисных центров сельскохозяйственной техники JOHN DEERE на территории саратовской области // Аграрный научный журнал. 2018. № 8. С. 65–68.
10. Левченко Г.В., Андреев Н.А., Чумакова С.В. Обоснование конструктивных параметров устройства для обрезки растительных остатков шпалерных овощных культур // Аграрный научный журнал. 2020. № 5. С. 104–106.
11. Левченко Г.В., Чумакова С.В., Рыжкова И.В. Роботизированные системы в закрытом грунте // Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики: сб. статей Нац. (Всерос.) науч.-практ. конф. Саратов, 2020. С. 201–206.
12. Рыбалкин Д.А., Чумакова С.В., Гончаров Р.Д. Совершенствование технического сервиса с применением визуализации // Научная жизнь. 2021. Т. 16 (8). С. 1084–1094.

REFERENCES

1. Kuznetsov V.N., Kuznetsov T.A., Chumakova S.V. Operator methods in nonlinear mechanics. *Studies in Algebra, Number Theory, Functional Analysis and Related Issues*. 2003;1:70–80. (In Russ.).
2. Kuznetsov V.N., Kuznetsov T.A., Chumakova S.V., Pshenov D.V., Shabanov L.B. Operator approach in the problem of static buckling of shell structures. *Studies in Algebra, Number Theory, Functional Analysis and Related Issues*. 2003;1:59–70. (In Russ.).
3. Kuznetsov V.N., Kuznetsov T.A., Chumakova S.V. On the Numerical Implementation of the Method of Successive Loading in the Calculation of Geometrically Nonlinear Shells. *Studies in Algebra, Number Theory, Functional Analysis and Related Issues*. 2010;6:27–43. (In Russ.).
4. Levchenko G.V., Yakovlev B. Loader for greenhouse vegetable growing. *Vegetable growing and greenhouse economy*. 2015;8:201–206. (In Russ.).
5. Chumakova S.V., Popov D.A. Mathematical methods and computer technologies in the study of the components of the natural environment. *Specialists of the agro-industrial complex of the new generation*. Collection of articles of the All-Russian scientific-practical conference. Saratov, 2016:872–875. (In Russ.).
6. Pavlov P.I., Khakimzyanov R.R., Pavlov I.P., Ovchinnikova T.V. Continuous loader for loading potatoes. *The agrarian scientific journal*. 2017;6:67–69. (In Russ.).
7. Buylov V.N., Lyulyakov I.V., Chumakova S.V. On the issue of the causes of wear of the working bodies of cultivators. *Problems of economy and operation of autotractor equipment*. Proceedings of the 30th International Seminar named after V.V. Mikhailov. Saratov, 2017:139–141. (In Russ.).
8. Chumakova S.V., Abdrazakova I.R. Application of mathematical modeling to applied problems. *Modern intellectual transformation of socio-economic systems*. Materials of the III international scientific-practical conference. Saratov, 2020:147–150. (In Russ.).
9. Shishurin S.A., Chumakova S.V., Medenko A.A. Improving the efficiency of service centers for agricultural machinery JOHN DEERE in the Saratov region. *The agrarian scientific journal*. 2018;8:65–68. (In Russ.).
10. Levchenko G.V., Andreev N.A., Chumakova S.V. Justification of the design parameters of the device for trimming plant residues of trellis vegetable crops. *The agrarian scientific journal*. 2020;5:104–106. (In Russ.).
11. Levchenko G.V., Chumakova S.V., Ryzhkova I.V. Robotic systems in closed ground. *Actual problems and prospects of innovative agro-economics*. Collection of articles of the National (All-Russian) scientific-practical conference. Saratov, 2020:201–206. (In Russ.).
12. Rybalkin D.A., Chumakova S.V., Goncharov R.D. Improvement of technical service using visualization. *Scientific life*. 2021;16(8):1084–1094. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 22.02.2023; одобрена после рецензирования 7.07.2023; принята к публикации 13.07.2023.

The article was submitted 22.02.2023; approved after reviewing 7.07.2023; accepted for publication 13.07.2023.