

**А.В. Ленский, А.А. Жешко**  
*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь  
e-mail: azeshko@gmail.com*

## **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ САМОХОДНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

В настоящей статье представлены разработанные алгоритмы оценки эксплуатационных показателей самоходных и стационарных технических средств, предназначенные для использования при автоматизированном составлении технологических карт.

**Ключевые слова:** стационарные и самоходные машины, монтируемое оборудование, технологическая операция, технологическая карта, технико-экономические показатели, производительность, расход топлива, объем работ, агротехнические сроки.

**A.V. Lenskiy, A.A. Zheshko**  
*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»  
Minsk, Republic of Belarus  
e-mail: azeshko@gmail.com*

This article presents the developed algorithms for evaluating the performance indicators of self-propelled and stationary vehicles, intended for use in the automated compilation of technological maps.

**Keywords:** stationary and self-propelled machines, mounted equipment, technological operation, technological map, technical and economic indicators, productivity, fuel consumption, amount of work, agrotechnical terms

### **Введение**

Технологические операции, выполняемые самоходными машинами и стационарным оборудованием, являются неотъемлемой частью производства большинства сельскохозяйственных культур. В частности, возделывание зерновых и корнеклубнеплодов требует подготовки семенного и посадочного материала, выполняемого стационарными машинами. Не обходится без стационарных машин и послеуборочная обработка сельскохозяйственной продукции – очистка, сушка, сортировка, калибровка, упаковка, предпродажная подготовка и многие другие операции [1–10].

Самоходные машины повсеместно используются для уборки урожая. Высококлиренсные самоходные опрыскиватели используются для ухода за сельскохозяйственными культурами, а в технологии возделывания льна применяется целый комплекс самоходных и стационарных машин.

Последние тенденции в мировом сельхозмашиностроении свидетельствуют о намерении производителей техники расширить номенклатуру продукции, производимой такими машинами как самоходные посевные агрегаты [11], самоходные разбрасыватели минеральных и органических удобрений [12].

При разработке алгоритмов расчета технико-экономических показателей операций, выполняемых самоходными и стационарными машинами, необходимо учитывать не только конструктивные особенности, но также особенности выполнения технологической операции. Например, не каждая самоходная машина оснащается бункером для временного хранения материалов, одна и та же машина может комплектоваться различными типами монтируемого оборудования, что влияет на методику расчета и на последовательность построения операций с использованием элементов интерфейса, предоставляемых пользователю.

Различные подходы при выполнении расчетов требуют разработки соответствующих алгоритмов комплектования и экономической оценки. Таким образом, это определяет основную цель

данной работы, которая заключается в разработке алгоритмов комплектования и оценки эксплуатационных показателей самоходных и стационарных машин для автоматизированного построения технологических карт возделывания сельскохозяйственных культур.

### Основная часть

#### Разработка алгоритма комплектования и оценки эксплуатационных показателей стационарных машин

К стационарным машинам и оборудованию относятся различные по конструкции и назначению технические средства, выполнение технологических функций которых не требует их перемещения во время выполнения рабочего процесса. Таким образом, к стационарным машинам могут быть отнесены как элементы линий зерноочистительных комплексов, так и передвижные протравливатели семян или дождевальные установки.

Технологические операции, выполняемые стационарными машинами, являются частью существующих технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Как правило, стационарными машинами проводятся работы по подготовке семян к посеву, клубней к посадке или операции первичной обработки сельскохозяйственной продукции. Для зерновых культур в технологические карты включают такие операции как очистка и сушка зерна, для корнеклубнеплодов – операции по очистке, сортировке и первичной переработке.

Учитывая специфику расчета работ, выполняемых стационарными машинами, целесообразно предложить следующие принципы построения технологических операций с целью автоматизированного составления технологических карт.

Первый принцип основан на редактировании выпадающих списков и текстовых элементов ввода уже созданной базовой операции, выступающей в качестве шаблона.

Второй принцип предполагает построение операции «с нуля».

На рис. 1 в виде ER-диаграммы представлена структура данных для формирования операций, выполняемых стационарными машинами и оборудованием.

В построении задействованы 5 нормализованных таблиц, взаимодействие между которыми осуществляется посредством виртуальных (программных) связей. Дополнительные данные, такие как единицы, в которых необходимо вычислять объем выполняемых работ, сроки начала и завершения операции, минимальный и максимальный технологический разрыв в днях для взаимосвязанных операций, необходимость учета материала в затратах, дополнительные агротехнические требования и условия работы указываются пользователем при заполнении полей интерфейса.

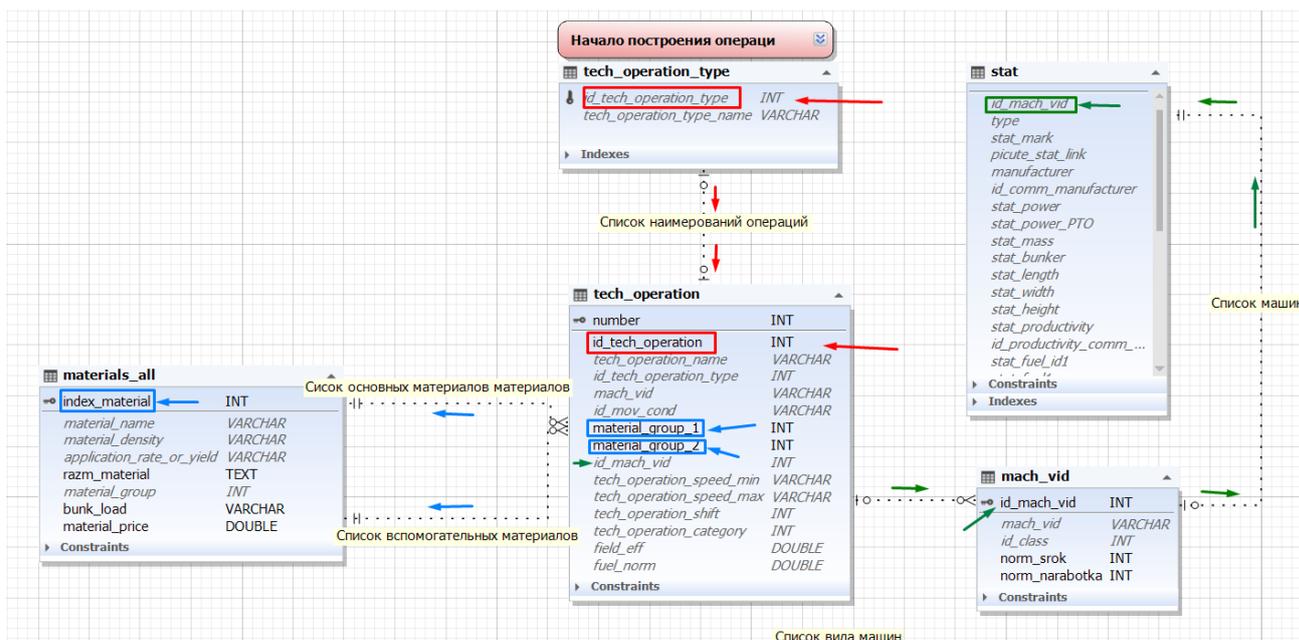


Рис. 1. ER-диаграмма структуры данных для формирования операций, выполняемых стационарными машинами

Построение новой операции, согласно рис. 1, начинается с запроса к таблице выбора типа операций. В данной таблице содержится перечень типов сельскохозяйственных работ, список которых сформирован на основании следующих принципов:

- отношение операций к определенным разделам технологической карты: основная обработка, предпосевная обработка, уборочные работы, уход за посевами; стационарные работы, такие как протравливание семян или клубней, относятся к разделу предпосевной обработки, очистка и сушка зерна;
- к разделу уборки и послеуборочной обработки семян, обработка дождевальными установками с подкормкой жидкими минеральными удобрениями – к разделу ухода за сельскохозяйственными культурами;
- выполнение операций различными классами сельскохозяйственных машин и оборудования. В отдельные классы целесообразно выделить: самоходные машины, тракторы, погрузочное оборудование, стационарные машины, автомобили и агрегируемые с трактором сельскохозяйственные машины.

Выбор определенной операции из перечня позволяет производить вычисления, связанные с материалом в бункерах машин: определение общей массы, стоимости и нормы внесения каждого из материалов. Так, для операции «Протравливание семян», как правило, используется два бункера. В первый бункер загружаются обрабатываемые семена, во второй – рабочий раствор, который состоит из воды и растворяемых в ней химических препаратов. Таким образом, выбирая наименование операции, осуществляются последовательные запросы к таблицам с перечнем материалов и с перечнем видов машин. Первый запрос предоставляет пользователю список материалов для каждого из бункеров. Кроме наименования материалов, для вычислений также становятся доступны их свойства, такие как стоимость и плотность.

Непосредственно с выбранной операцией также связан перечень машин, который может ее реализовать. Программная связь поддерживается через промежуточную нормализованную таблицу с перечнем видов машин. Такая нормализация связана с тем, что одну и ту же сельскохозяйственную операцию могут выполнять несколько видов машин. Например, протравливание семян может осуществляться с помощью стационарных или передвижных протравителей, а также с помощью непрерывных машин, встроенных в линии зерноочистительных комплексов.

После выбора вида машины из предлагаемого перечня пользователю предлагается список машин с указанием их марок. Выбор машины из списка позволяет выполнить все необходимые расчеты, поскольку после указания конкретной марки машины осуществляется запрос к базе данных машин, в которой указаны ее технические, технологические и экономические характеристики.

На рис. 2 представлена блок-схема алгоритма вычисления объема работ для стационарных машин.

После выбора всех составляющих технологической операции становятся доступными для последующих вычислений данные о материалах и объемах емкостей машины, в которых хранятся материалы, что в конечном итоге позволяет вычислить общие нормы внесения, массу, стоимость и объем работ стационарной машины.

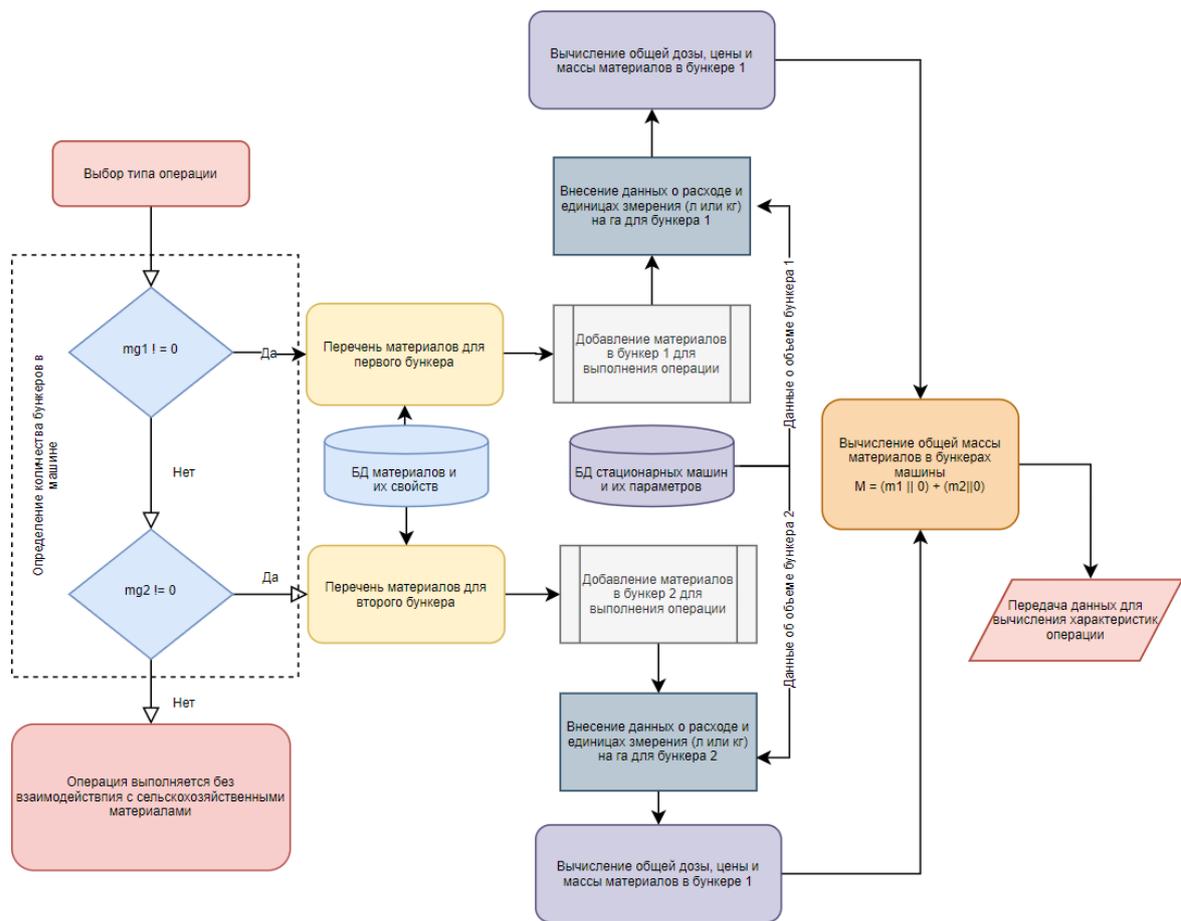


Рис. 2. Блок-схема алгоритма вычисления объема работ для стационарных машин

Для оценки эксплуатационных и экономических показателей технологической карты, используется отдельная функция для всех классов сельскохозяйственных машин и оборудования.

На рис. 3 представлена ER-диаграмма структуры данных для оценки эксплуатационных и экономических показателей для операций, выполняемых стационарными машинами.

Для стационарных машин в качестве исходных данных используются собранные при формировании операции данные: вычисленные значения затрат на материалы для каждого из бункеров, характеристики машины, необходимые для выполнения расчетов и общие экономические параметры.

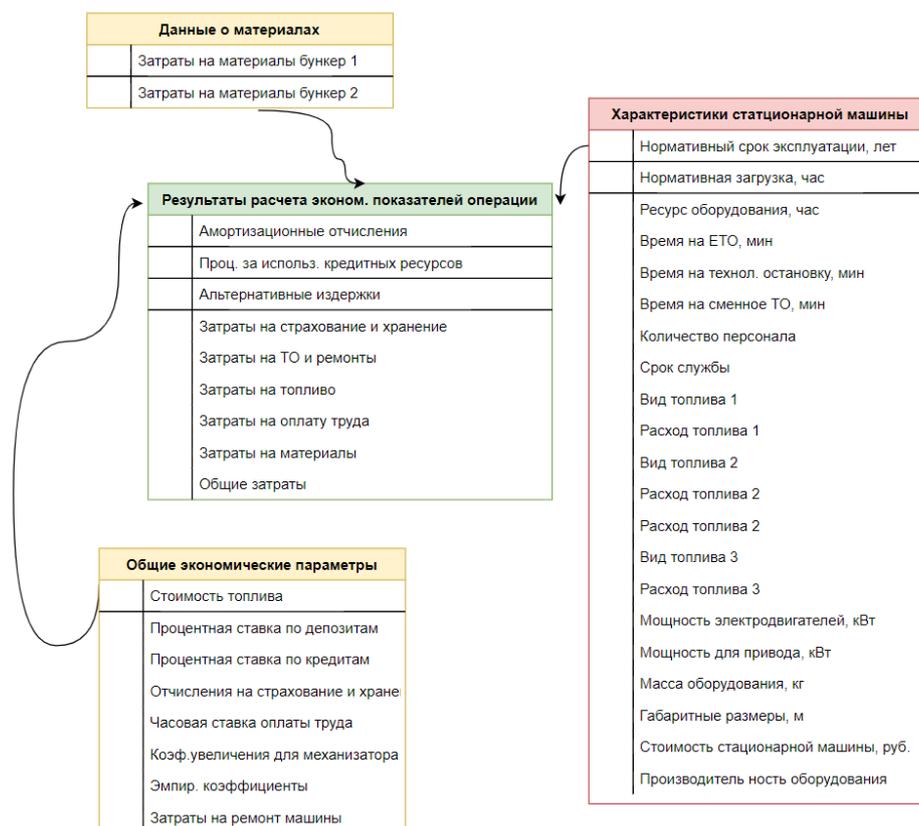


Рис. 3. ER-диаграмма структуры данных для оценки эксплуатационных и экономических показателей для операций, выполняемых стационарными машинами

#### *Разработка алгоритма комплектования и оценки эксплуатационных показателей самоходных машин*

Согласно принятой классификации, к самоходным сельскохозяйственным машинам относятся технические средства, приводимые в движение собственным двигателем, рабочий процесс которых осуществляется преимущественно при движении по обрабатываемому участку, за исключением транспортных и погрузочных технических средств, вынесенных в отдельные классы машин.

Причина такого деления объясняется особенностями выполняемых операций и методами расчета данных работ в технологических картах. Таким образом, к самоходным агрегатам необходимо относить все виды уборочной техники: комбайны для уборки зерна, кормовых культур, корнеклубнеплодов и льна, а также самоходные опрыскиватели, самоходные машины для внесения минеральных удобрений и т.п.

Самоходным машинам присущи характерные конструктивно-технологические особенности, которые необходимо учитывать при построении технологических операций:

- необходимо иметь в виду, что не все самоходные машины оснащены бункерами для временного хранения материалов, например, комбайны во время раздельной уборки не используют бункер, также без временного хранения обрабатываемого материала работают косилки, валкообразователи, кормоуборочные комбайны и другая техника. Подобные технологические особенности необходимо принимать во внимание при формировании технологических операций для самоходных машин;
- для агрегатирования с самоходными машинами может использоваться различное монтируемое оборудование. В этой связи, интерфейс пользователя должен предоставлять возможность указания типа монтируемого оборудования на самоходную машину с возможностью редактирования необходимых конструктивно-технологических параметров;
- большинство операций, выполняемых самоходной сельскохозяйственной техникой, являются взаимосвязанными с вспомогательными операциями, такими как погрузочные, разгрузочные или транспортные работы. В подобных операциях

самоходная машина, как правило, выполняет основную работу, поэтому транспортные и погрузочные агрегаты (или их группа) должны соответствовать ей по производительности. Интерфейс технологической карты должен иметь возможность выделения комплекса взаимосвязанных операций;

- одним из основных отличий при формировании технологической операции, выполняемой самоходной машиной, является необходимость указания границ обрабатываемого участка. Такое требование присуще не только для всех сельскохозяйственных машин, агрегируемых с трактором, но и для самоходных машин. Указание границ обрабатываемого участка на спутниковой карте позволяет вычислить оптимальные траектории движения машины по обрабатываемому полю и определить производительность и расход топлива для конкретных производственных условий.

На рис. 4 в виде ER-диаграммы представлена структура данных для формирования операций, выполняемых самоходными машинами и оборудованием. В построении задействованы 7 нормализованных таблиц, взаимодействие между которыми осуществляется посредством программных связей.

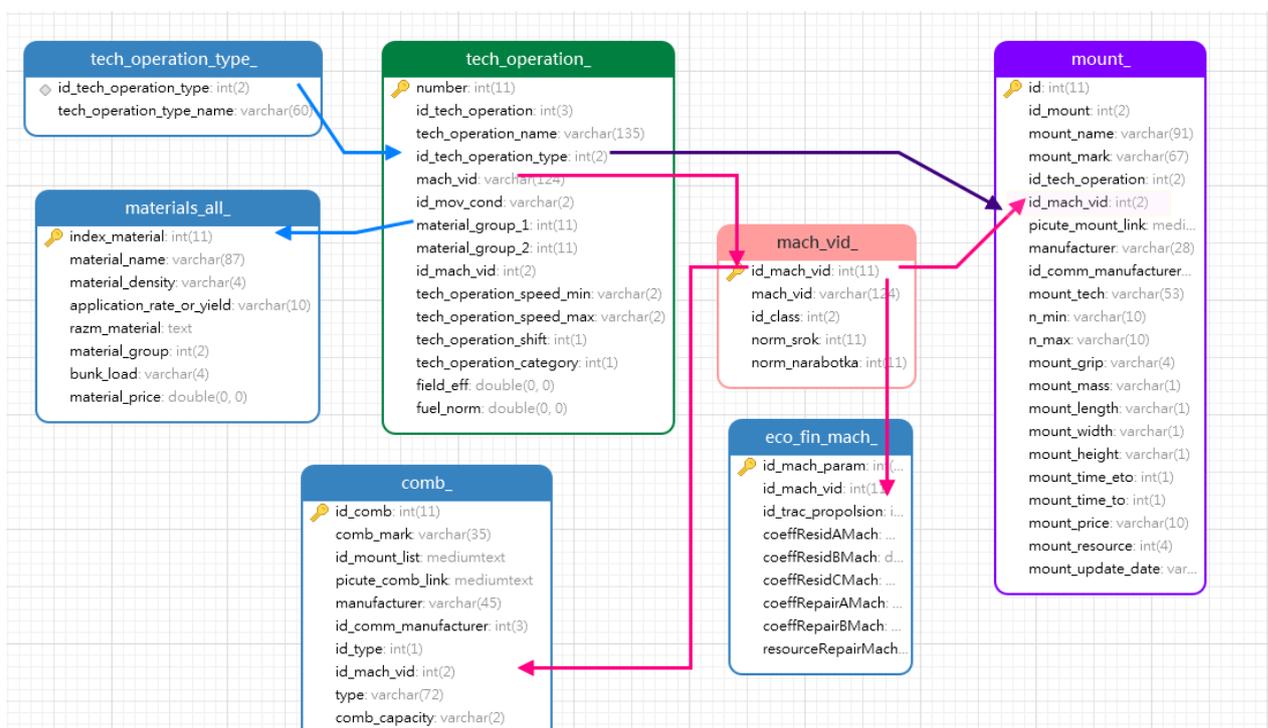


Рис. 4. ER-диаграмма модели данных для формирования операций, выполняемых самоходными машинами

Недостающие данные для расчета технологической операции указываются во время построения в интерфейсе пользователя путем выбора соответствующих данных из выпадающих списков или внесения информации в текстовые элементы.

Таким образом, начало формирования технологической операции для самоходных машин предполагается начинать с выбора типа операции, а затем, по аналогии со стационарным оборудованием, из выпадающего списка необходимо указывать конкретную операцию, выполняемую самоходной машиной.

Самоходные машины могут располагаться в следующих разделах нормализованных таблиц по типу выполняемых операций: заготовка кормов – самоходные кормоуборочные комбайны, подборщики, валкообразователи; уборочные работы – прямое комбайнирование и подбор валков, комбайновая уборка картофеля, уборка сахарной свеклы самоходными комбайнами; уход за посевами – самоходные опрыскиватели и машины для внесения жидких минеральных удобрений.

После выбора конкретного типа операции из выпадающего списка, становится доступным идентификационный номер применяемого материала, по значению которого можно определить, используется ли в самоходной машине бункер для временного хранения материала. Проверка



1. Оптимизация состава грузового автомобильного транспорта и его использование в сельскохозяйственных предприятиях : монография / А.П. Курносков и др. – Воронеж : ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2009. – 218 с.
2. Ленский, А.В. Оценка условий эксплуатации машинно-тракторных агрегатов / А. Сайганов, А. Ленский // Аграрная экономика. – 2015. – № 8(243). – С. 50–61.
3. Ленский, А.В. Формирование эффективной системы машин для механизации растениеводства / А.В. Ленский. – Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2018. – 377 с.
4. Ленский, А.В. Анализ методов расчета оптимальных маршрутов движения машинно-тракторного агрегата по полевому участку произвольной конфигурации / А.В. Ленский, А.А. Жешко // Межвед. темат. сб. / НПЦ НАН Беларуси по механизации сел. хоз. – Минск, 2018. – Вып. 51 : Механизация и электрификация сельского хозяйства – С. 212–220
5. Зангиев, А.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / А.А. Зангиев, А.В. Шпилько, А.Г. Левшин. – 2-е изд. – М.: КолосС, 2008. – 320 с.
6. Концепция системы машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства, первичной переработки и хранения основных видов сельскохозяйственной продукции до 2015 и на период до 2020г : (рекомендации по применению) / Национальная академия наук Беларуси [и др.] ; подгот. : В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск : НАН Беларуси, 2014. – 138 с.
7. Оптимизация состава средств механизации для растениеводства: методические рекомендации / И.И. Пиуновский [и др.] ; под ред. И.С. Нагорского. – Минск: РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси», 2004. – 37 с.
8. Ленский, А. В. Типизация условий эксплуатации – основа формирования рационального парка машин для растениеводства / А. В. Ленский, Е. Г. Родов, П. М. Шмарловский // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер.аграр.навук. – 2007. – №2. – С. 88-95.
9. Гниломёдов, В.Г. Научные основы организации машиноиспользования в АПК // Методические рекомендации / В. Г. Гниломёдов, Д. С. Сазонов, М. П. Ерзамаев, П. А. Ишкин. — Кинель : Самарская ГСХА, 2017. — 55 с.
10. Журавлев, С.Ю. Минимизация энергозатрат при использовании машинно-тракторных агрегатов // Монография. — Красноярск : Красноярский ГАУ, 2014. — 256 с.
11. AgriLand – The Home of UK Agriculture [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.agriland.co.uk/farming-news/video-do-you-have-enough-work-for-a-self-propelled-drill/>. – Date of access: 28.05.2020.
12. JRiley [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.jrileyagri.co.uk/htspreader.html> /. – Date of access: 28.05.2020.