

2. Видеоархивы Ришельевского физико-математического лицея и Одесского национального университета имени И.И. Мечникова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rl.odessa.ua/index.php/ru/arkhiv>. – Дата доступа: 3.06.2016.
3. Ловкис, З.В. Гидравлика: учебное пособие / З.В. Ловкис. – Минск: Беларуская навука, 2012. – 438 с.
4. Идельчик, И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И.Е. Идельчик; под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1992. – С. 10.

УДК 631.3:633/635

В.Г. Самосюк
(*Минский областной исполнительный комитет,*
г. Минск, Республика Беларусь)

А.В. Ленский
(*РУП «НПЦ НАН Беларуси*
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)

Е.И. Михайловский
(*УО «БГАТУ»,*
г. Минск, Республика Беларусь)

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
СТРАТЕГИИ
ФОРМИРОВАНИЯ
ЭФФЕКТИВНОЙ
СИСТЕМЫ МАШИН
ДЛЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА**

Введение

Инновационное развитие механизации является одним из важнейших элементов общей стратегии развития сельского хозяйства и представляет собой направления технической модернизации агропромышленного комплекса, разработку и реализацию проектов и программ его оснащения эффективными машинами и оборудованием. При этом, поскольку сельскохозяйственное производство является динамично изменяющейся системой, существует необходимость регулярной корректировки стратегии механизации, ее доработки и совершенствования с учетом агрономических, технических, социальных и институциональных аспектов.

Основная часть

В развитии механизации, на наш взгляд, могут быть выделены два подхода: сегментированный и комплексный.

Сегментированный подход предполагает техническое совершенствование машин и оборудования для АПК в целях разработки новых либо модернизации имеющихся орудий труда и на этой основе обеспечение экономии ресурсов для выполнения конкретных технологических процессов. Как правило, его элементами являются технические и технологические решения, реализуемые на уровне конструкторских организаций, отраслевых научных институтов, изготовителей машин, сервисных служб и непосредственно сельскохозяйственных предприятий.

В этом случае наиболее целесообразным является следующий алгоритм научных исследований и разработок в области сельскохозяйственного машиностроения:

1. Проведение совместно с потенциальными потребителями работ по выявлению трудностей, которые могут быть преодолены при помощи новых технологий, и установление приоритетов для научно-исследовательских тем, по которым прогнозируется коммерческий спрос.

2. Составление предварительной сметы производства разрабатываемой машины или оборудования и анализ потенциальных выгод для конечного пользователя (любая проблема может быть решена технически, но при этом, если заявленная стоимость окажется избыточной для сельскохозяйственного потребителя, необходимо рассматривать альтернативные варианты).

3. Привлечение конечных пользователей и производителей на всех стадиях исследования, разработки и изготовления образцов промышленной продукции.

4. Внесение конструкционных изменений, позволяющих снизить затраты на производство, эксплуатацию и техническое обслуживание разработанного оборудования.

5. Оказание государственной поддержки, в том числе частному бизнесу, для изготовления и маркетингового продвижения продукции (например, посредством обучения и демонстрации машин в эксплуатации) до момента генерирования коммерческого спроса.

Кроме того, в целях реализации указанного подхода нами проанализированы мировые тенденции совершенствования конструкций машин и оборудования для АПК и предлагаются следующие приоритетные направления развития технических средств (таблица 1).

Таблица 1. – Приоритетные направления технико-технологического развития машин и оборудования для АПК

Наименование оборудования	Приоритетные направления технико-технологического развития
Тракторы и энергетические средства	<ul style="list-style-type: none"> – увеличение мощности двигателей и расширение диапазона тяговых возможностей; – применение систем автоматизации и контроля, включая комплексный мониторинг на основе ГИС-технологий; – повышение экологичности мобильных агрегатов и снижение воздействия на почву их ходовых систем
Почвообрабатывающие машины	<ul style="list-style-type: none"> – создание новых типов рабочих органов, адаптированных к различным природно-производственным условиям; – увеличение ширины захвата машин и возможность ее бесступенчатой регулировки; – разработка дополнительных приспособлений и модулей к базовым почвообрабатывающим орудиям; – применение новых технологических решений при возделывании сельскохозяйственных культур и разработка соответствующих конструкций машин
Посевные агрегаты	<ul style="list-style-type: none"> – увеличение ширины захвата машин; – усложнение конструкций техники и полная гидрофикация рабочих органов; – создание комбинированных и универсальных машин, имеющих возможность высева семян с различными физико-механическими свойствами, в том числе зерновых и пропашных культур; – разработка машин, совмещающих внесение минеральных удобрений с посевом
Машины для внесения удобрений и средств защиты растений	<ul style="list-style-type: none"> – увеличение грузоподъемности и ширины захвата машин; – повышение безопасности выполнения технологических операций и проведения технического обслуживания; – совершенствование рабочих органов машин для внесения минеральных удобрений; – оснащение машин системами автоматики и контроля норм внесения минеральных удобрений и средств защиты растений; – применение новых коррозионно-стойких материалов
Уборочная техника	<ul style="list-style-type: none"> – совершенствование конструкций отдельных узлов и агрегатов зерно- и кормоуборочных комбайнов; – повышение безопасности работы оператора уборочной техники; – оснащение машин средствами автоматизации, датчиками контроля и прочими элементами систем точного земледелия; – совершенствование организации технологического процесса уборки с разработкой соответствующего оборудования

В сельскохозяйственном машиностроении главным сейчас является не просто разработка новых машин, а достижение их высокой производительности и гибкости в

реализации современных технологий. И эти требования касаются всего спектра выпускаемых машин и оборудования для АПК. Во всех сегментах рынка в большом количестве появляются новые концепции в разработке сельскохозяйственной техники, а также усовершенствованные и модернизированные модели.

Так, перспективным и уже частично реализованным направлением является интеграция любых типов сельскохозяйственных машин и оборудования в единую информационную сеть. По заключению специалистов DLG, такое решение относится к четвертому уровню развития механизации аграрного производства – «Сельское хозяйство 4.0». При этом первый уровень предполагает традиционные методы ведения хозяйства, второй – простое использование средств механизации, третий – частично информационное сельское хозяйство, включая элементы точного земледелия и животноводства. «Сельское хозяйство 4.0» предполагает применение всех имеющихся средств механизации и автоматизации производства, дополненное коммуникационными технологиями (обмен данными и командами между машинами и оборудованием без участия человека), анализом больших объемов данных на основе облачных вычислений и более интеллектуальной электроникой, проникающей во все сферы аграрного производства.

Современная система машин должна соответствовать требованиям уровня «Сельского хозяйства 4.0». Отечественные разработчики и производители сельскохозяйственной техники должны выступить как интеграторы, объединяющие различные машины и программные продукты, а также предложить определенный сервер по ведению сельского хозяйства. Сельскохозяйственный производитель должен иметь возможность самостоятельно выбирать фуллайнера, с которым необходимо вести агробизнес, и под его сервисную платформу подбирать машинно-тракторный парк.

Справочно. Фуллайнер – это компания, которая поставляет под единой маркой весь перечень необходимой для сельского хозяйства продукции.

Комплексный подход включает в себя системные решения по выработке стратегии развития механизации на уровне государства, разработку технической политики в области формирования и переоснащения машинного парка сельскохозяйственных предприятий, обоснование мер государственной поддержки как для изготовителей и поставщиков оборудования, так и для сельскохозяйственных товаропроизводителей.

В этом случае необходимо принимать во внимание определенные тенденции, имеющие место в агропромышленном комплексе республики:

1. Устойчивое уменьшение трудовых ресурсов. С 2005 по 2014 гг. численность работников в сельскохозяйственных предприятиях сократилась на 30 %, за исключением Минской и Могилевской областей, где сокращение составило порядка 40 % (рисунок 1). С точки зрения технического прогресса развитие механизации имеет два противоречивых последствия: с одной стороны, она позволяет заменить ручной труд и увеличить производительность, а с другой стороны, интенсификация сельскохозяйственного производства диктует необходимость применения квалифицированной рабочей силы.

2. Отсутствие четкой системы обновления машинно-тракторного парка. Такое положение во многом объясняется недостаточным экономическим потенциалом хозяйств, стихийностью реализуемых мер государственной поддержки, а также ценовой ситуацией на рынках сельскохозяйственной и промышленной продукции.

3. Недостаточная технико-технологическая взаимосвязь. Выбор и применение сельскохозяйственной техники диктуются в первую очередь условиями технологий производства продукции. Этот процесс носит сугубо индивидуальный характер, опирающийся на реальные условия хозяйствования, поэтому *только сельскохозяйственный производитель* на основе технологической модели может принять решение о целесообразности приобретения определенной машины или оборудования.

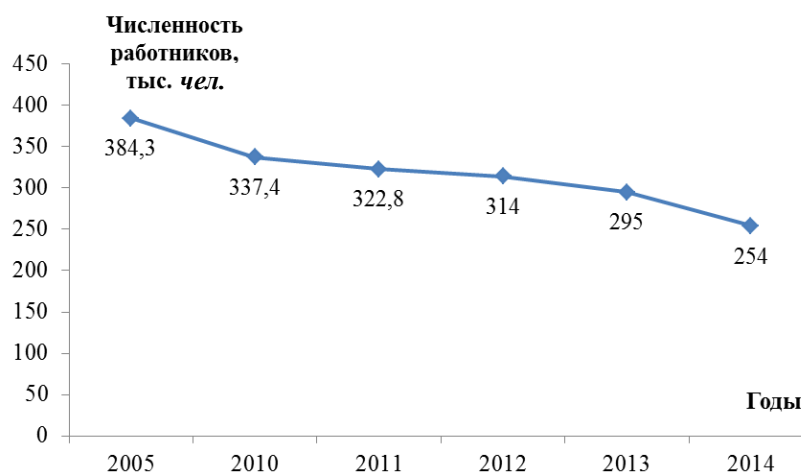


Рисунок 1. – Динамика среднесписочной численности работников сельхозорганизаций

Современные условия функционирования АПК предполагают объективную необходимость разработки комплексных мероприятий, направленных на определение стратегических целей развития его отраслей, достижение высоких экономических показателей, повышение эффективности реализуемой научной политики, предвидение последствий принимаемых решений.

Одним из приоритетов современной государственной политики в Республике Беларусь является рост уровня механизации сельскохозяйственного производства и формирование системы машин для АПК. Успешная реализация указанной задачи и построение прогнозов развития механизации на средне- и долгосрочную перспективу возможны лишь на основе определения перечня проблемных вопросов и направлений их решения. Очевидно, что разработка подобных вопросов не может быть выполнена на основе эмпирических исследований и анализа производственных процессов, а должна осуществляться на знаниях, опыте и интуиции как управленческих работников, принимающих решения, так профильных специалистов сельского хозяйства. В настоящее время стратегические направления формирования эффективного технического потенциала АПК становятся предметом комплексных экономических исследований большого числа научных групп, за результатами которых наблюдают и принимают в них непосредственное участие машиностроительные компании.

Нами также было выполнено аналогичное прогнозное исследование на основе метода Дельфи (рисунок 2).

Суть метода заключается, во-первых, в анонимном опросе группы экспертов с помощью специальных анкет, что исключает взаимное влияние участников и любые коллективные обсуждения, во-вторых, в предоставлении экспертам возможности многократной корректировки мнений на основе статистической характеристики группового ответа.

Достоинством метода Дельфи является относительная объективность решения и возможность ее статистической оценки, независимость и анонимность мнений экспертов, исключение конфликтных ситуаций при обсуждении, информированность экспертов на каждом последующем этапе о предыдущих результатах, возможность аргументированно изменить свое мнение. К наиболее существенным недостаткам относятся чрезмерный субъективизм прогнозных оценок, значительные затраты времени на формирование экспертной группы и проведение анкетирования.

В соответствии с методикой проведения анализа количество факторов не должно превышать 10 возможных причин [2, С. 192]. Анкета, содержащая факторы, ограничивающие возможности развития механизации, разработана на основании личного опыта, многочисленных выступлений управленческих работников и заключений практикующих специалистов.

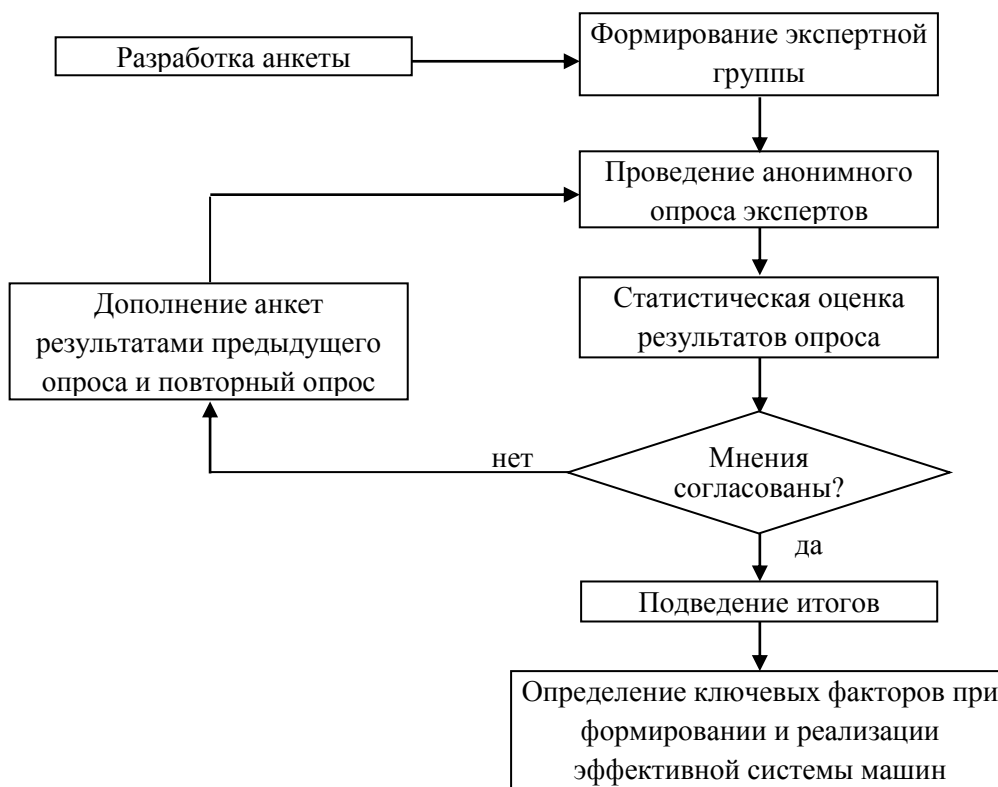


Рисунок 2. – Схема проведения исследования по методу Дельфи

Примечание – Составлено на основании материалов [1, 2, С. 81–82, 3].

Очень важным и ответственным этапом работы является формирование экспертной группы, оптимальную численность которой целесообразно определять на основании предварительно заданной доверительной вероятности (α) и предельно допустимой ошибки, выраженной в долях среднего квадратичного отклонения (ε) [4, С. 8]. Наиболее широко применяемым вариантом для проведения исследований является сочетание $\alpha = 0,95$ и $\varepsilon = 0,5$, что позволяет установить количественный состав экспертной группы на уровне 15 респондентов. Увеличение количества экспертов является нецелесообразным, поскольку в этом случае доверительная вероятность изменится незначительно (будет иметь место ее асимптотическое приближение к единице), но существенно усложнится процедура поиска и опроса квалифицированных респондентов (рисунок 3).

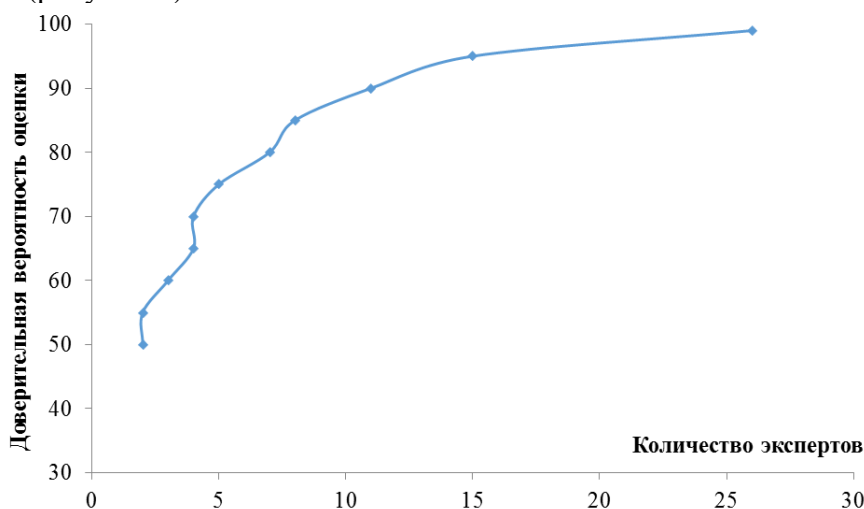


Рисунок 3. – Зависимость доверительной вероятности результатов экспертной оценки от количества экспертов в группе

Примечание – Составлено на основании материалов [4, 5].

Таким образом, в состав экспертной группы вошли 15 чел., включая специалистов в области сельскохозяйственного производства и сельскохозяйственного машиностроения (33 %), аграрной науки и образования (54 %), государственного управления (13 %). Все эксперты имеют высшее образование (11 респондентов – ученые степени кандидата или доктора наук), обладают опытом работы в рассматриваемой предметной области свыше 10 лет. Таким образом, в рамках настоящего исследования нами априори принят факт равной значимости членов экспертной группы, что позволило исключить необходимость корректировки результатов опроса с учетом компетентности экспертов.

На основе знаний и опыта эксперты располагали факторы, сдерживающие формирование и реализацию эффективной системы машин, в порядке предпочтения, руководствуясь следующими принципами: наиболее значимый фактор имеет ранг «1», наименее значимый – «10». В целях упрощения процедуры дальнейшей обработки данных априори установлено, что разным факторам не может быть присвоен один и тот же ранг, то есть принято условие отсутствия связанных рангов.

Оценка уровня согласованности мнений экспертов рабочей группы выполнена на основе коэффициента конкордации (W) или коэффициента ранговой корреляции Кендалла:

$$W = \frac{12 \cdot \sum_{i=1}^I \left(\sum_{j=1}^J r_{ij} - r \right)^2}{J^2 \cdot (I^3 - I)},$$

где i – номер фактора ($i = [1; I]$);
 j – номер эксперта ($j = [1; J]$);
 r_{ij} – ранг i -го фактора для j -го эксперта;
 r – средний ранг (оценка математического ожидания).

При этом считается, что расчетное значение W должно превышать пороговое значение, которое обычно принимается на уровне $W = 0,5$, то есть при $W > 0,5$ выводы экспертов согласованы, при $W < 0,5$ оценки нельзя считать в достаточной степени согласованными [6, 7].

Расчетная величина $W = 0,6387$ свидетельствует о достаточной степени согласованности мнений экспертов и отсутствии необходимости проведения второго этапа опроса.

Коэффициент конкордации представляет собой случайную величину, поэтому оценка значимости W может быть произведена по критерию Пирсона χ^2 , расчетное значение которого определяется по формуле [8, С. 135–138]:

$$\chi^2 = J \cdot (I - 1) \cdot W.$$

На основании сопоставления вычисленного значения $\chi^2 = 86,2245$ с табличным значением для числа степеней свободы $I-1$ и при уровне значимости $\alpha = 0,05$ ($\chi^2 = 16,91898$) можно сделать вывод, что коэффициент конкордации статистически значим, а полученные результаты по оценке факторов, сдерживающих формирование и реализацию эффективной системы машин, имеют смысл и могут использоваться в дальнейших исследованиях.

Качественная оценка коэффициента конкордации также может быть выполнена на основе числовой шкалы желательности Харрингтона, в соответствии с которой величина $W = 0,6387 > 0,63$ указывает на хорошую степень согласованности мнений экспертов [9, С. 36–37].

Коэффициент весомости i -го фактора определялся по формуле:

$$\omega_i = \frac{\sum_{j=1}^J r_{ij}}{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J r_{ij}}.$$

Показатель ω_i характеризует долю суммы баллов, полученных i -ым фактором в общей сумме баллов, что позволяет выполнить ранжирование: чем меньше численное значение ω_i , тем весомее фактор (поскольку меньшему значению ранга соответствует более значимый фактор).

Результаты оценки факторов, определяющих эффективность формирования системы машин в АПК, представлены на рисунке 4. Так, наиболее ярко выраженными факторами, сдерживающими техническую модернизацию отрасли растениеводства, являются: диспаритет цен на сельскохозяйственную технику и продукцию растениеводства ($\omega_1 = 0,044$), государственная политика в области механизации сельского хозяйства и формирования системы машин для АПК ($\omega_2 = 0,045$), сильное влияние государства в вопросах приобретения техники и отсутствие инициатив по принятию решений со стороны сельскохозяйственных товаропроизводителей ($\omega_9 = 0,056$).

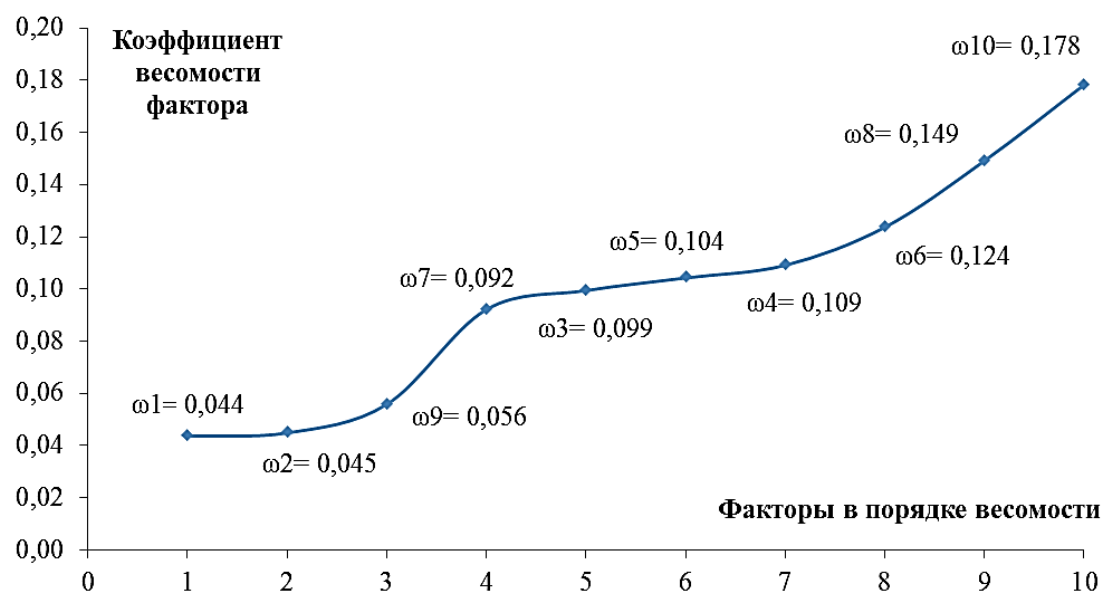


Рисунок 4. – Распределение весовости факторов формирования и реализации эффективной системы машин

Примечание – Минимальному коэффициенту весомости соответствует максимально значимый фактор, что связано с особенностями экспертной балльной оценки (наиболее значимый фактор имел ранг «1», наименее значимый – «10»).

Другая группа факторов связана с текущими вопросами функционирования АПК: с отсутствием специалистов в сфере механизации сельского хозяйства ($\omega_7 = 0,092$), отсутствием системы планирования работы техники ($\omega_3 = 0,099$), низким качеством машин и отсутствием интеграционных связей с мировыми производителями техники ($\omega_5 = 0,104$ и $\omega_4 = 0,109$). Наименее значимыми проблемами в настоящее время являются вопросы развития технического сервиса и расширения взаимодействия сельского хозяйства с отраслями промышленности. Однако это совсем не отрицает важности отмеченных факторов, скорее всего, на нынешнем этапе их актуальность

нивелируется отсутствием свободных денежных средств, трудовых и материальных ресурсов.

Заключение

Необходимо отметить, что общими индикаторами прогрессивной и стабильной системы механизации являются: 1) наличие конкурирующей машиностроительной промышленности локального происхождения, выпускающей надежную и качественную продукцию; 2) политика государства, стимулирующая частные инвестиции в развитие механизации сельского хозяйства; 3) активные маркетинговые мероприятия по продвижению техники, ее полевые демонстрации и обучение операторов; 4) наличие программных инструментов для планирования работы машин, принятия оперативных и стратегических решений по эксплуатации парка техники; 5) доступное послепродажное обслуживание, включающее ремонт, гарантийное техническое обслуживание, поставку запасных частей; 6) эффективное обучение и расширение программы механизации для всех пользователей машин и оборудования в сотрудничестве с местными производителями сельхозтехники.

21.04.2016

Литература

1. Кукушкина, С.Н. Метод Дельфи в форсайт-проектах / С.Н. Кукушкина // Форсайт. – 2007. – № 1 (1). – С. 68–72.
2. Сухарев, Э.А. Эксплуатационная надежность машин: теория, методология, моделирование: учеб. пособие / Э.А. Сухарев. – Ровно: НУВХП, 2006. – 192 с.
3. Ленский, А.В. Оценка весомости факторов, влияющих на ремонтпригодность сельскохозяйственной техники / А.В. Ленский, Е.Г. Родов, П.М. Шмарловский, Д.М. Арешко // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: доклады респ. науч.-практ. конф. на 17-й Междунар. специализир. выставке «Белагро-2007», Минск, 6–7 июня 2007 г. – Минск: УМЦ Минсельхозпрода, 2008 – 240 с.
4. StatSoft. Электронный учебник по статистике. Таблицы распределений. Хи-квадрат распределение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/modules/sttable.html>. – Дата доступа: 09.04.2015.
5. Студопедия. Определение себестоимости проектируемых машин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://studopedia.ru/3_198707_opredelenie-sebestoimosti-proektiruemih-mashin.html. – Дата доступа: 26.05.2015.
6. Надежность технических систем и техногенный риск. Оценка согласованности суждений экспертов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.obzh.ru/nad/8-6.html>. – Дата доступа: 12.02.2015.
7. Наука и образование. Подход к увеличению уровня согласованности мнений экспертов при выборе варианта развития системы обработки информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://technomag.bmstu.ru/doc/574220.html>. – Дата доступа: 04.03.2015.
8. Бешелев, С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – М.: Статистика, 1974 – 160 с.
9. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Изд-во «Наука», 1976 – 280 с.