УДК 631.354.2:339.137.2

А. С. САЙГАНОВ[1], В. К. ЛИПСКАЯ[2]

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

[1]Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: saihanauas@tut.by
[2]Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Гомель, Беларусь, e-mail: linav84@mail.ru

В статье изложены практические рекомендации по повышению конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов, представленные в виде блок-схемы механизма повышения их конкурентоспособности, также приведены направления, позволяющие повысить конкурентоспособность производителей комбайнов.

Представлена система обозначений молотильно-сепарирующих устройств, позволяющая описать их многообразие в виде структурной формулы. Построена морфологическая матрица функционально-конструктивных исполнений МСУ, описывающая известные конструкции МСУ серийных самоходных зерноуборочных комбайнов, в том числе производящихся в Республике Беларусь, и дающая возможность формировать новые перспективные решения из сочетаний приведенных в ней компонентов для выбора оригинальных исполнений МСУ.

Ключевые слова: предприятия сельскохозяйственного машиностроения, конкурентоспособность зерноуборочных комбайнов, оценка конкурентоспособности, эффективность.

A. S. SAIGANOV, V. K. LIPSKAYA

PRACTICAL RECOMMENDATIONS FOR RAISING COMPATIBILITY OF GRAIN-HARVESTING COMBINES

[1]The Institute of System Research in Agrarian-Industrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus Minsk, Belarus, e-mail: saihanauas@tut.by
[2]P. O. Sukhoi State Technical University of Gomel, Gomel, Belarus, e-mail: linav84@mail.ru

The paper presents practical recommendations for raising competitiveness of combine harvesters as a block diagram of mechanism raising their competitiveness as well as the ways enabling to increase the competitiveness of combine harvester manufacturers.

Represented is the system of identification of beating-and-separating devices which allows describing their variety as a structural formula. The morphological matrix of functional-and-constructional performance of beating-and-separating devices is built. This matrix describes well known designs of beating-and-separating devices of serial self-propelled combine harvesters including those produced in Belarus and allows forming new prospective solutions from combinations of the components to choose original performance of beating-and-separating devices.

Keywords: agricultural machinery industry enterprises, competitiveness of combine harvesters, competitiveness increase mechanism.

Зерноуборочное комбайностроение в настоящее время относительно новое направление для машиностроительной отрасли Республики Беларусь, тем не менее зерноуборочные комбайны отечественного производства поставляются сегодня не только на внутренний рынок, но и на рынки России, Украины, Казахстана, а также находят потребителей в странах дальнего зарубежья, таких как Аргентина, Иран, Китай, Узбекистан, Чехия и др.

Для того чтобы успешно конкурировать на мировом рынке и находить спрос на внутреннем, требуется изыскание новых подходов к производству качественной и эффективной зерноуборочной техники. Наличие зарубежных конкурентов на рынках, потенциальных потребителей с разным уровнем состоятельности и широким диапазоном различающихся условий эксплуатации, а также влияние других факторов требует активизации усилий в направлении повышения конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов. Отдельные попытки, предпринимаемые в этом направлении, зачастую не приносят ожидаемого результата, поэтому требуется разработать систему, включающую комплекс мероприятий и представляющую собой целый механизм, позволяющий обеспечить стабильное повышение конкурентоспособности.

© Сайганов А. С., Липская В. К., 2016

Нами установлено, что под понятием «механизм конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов» следует понимать совокупность направлений (методов, способов), управляющих значениями критериев, на основании которых производится оценка конкурентоспособности комбайнов, посредством их воздействия на факторы, а также разработана схема функционирования этого механизма.

Для повышения конкурентоспособности производителей зерноуборочных комбайнов Республики Беларусь, в частности, ОАО «Гомсельмаш», следует совершенствовать структуру выпуска зерноуборочных комбайнов путем расширения ассортимента по следующим направлениям:

1) *по классам пропускной способности* (в зависимости от размера посевных площадей и урожайности зерновых культур потребители выбирают комбайны различной производительности (пропускной способности)), дополнив существующие серийные комбайны классов пропускной способности 8, 10 и 12 кг/с и поставленных на производство классов 5–6, 14 и 16 кг/с комбайнами еще более низкой пропускной способности (3–4 кг/с) для выхода на рынки стран Юго-Восточной Азии и Латинской Америки;

2) *по типам молотильно-сепарирующих устройств* (МСУ) (в зависимости от условий эксплуатации потребители нуждаются в комбайнах, различающихся системами обмолота и сепарации зерна), разработав комбайны с совмещенными функционально-конструктивными блоками обмолота хлебной массы и сепарации грубого вороха. МСУ таких комбайнов выполнены в виде роторов, где хлебная масса перемещается по спирали, они наиболее эффективны при использовании на уборке кукурузы, так как способны осуществлять уборку зерна влажностью более 25 % без его повреждения. Комбайны такого типа МСУ до последнего времени в Республике Беларусь не производились. Об увеличивающейся потребности в них свидетельствует уверенный рост площадей, отводимых под посевы кукурузы на зерно;

3) *по комплектации* (для удовлетворения потребителей с разным уровнем финансовой состоятельности, в том числе с низким), производя зерноуборочные комбайны базовой комплектации с возможностью устанавливать различные опции по отдельным заказам.

Кроме того, целесообразно осуществлять разработку и выпуск унифицированных модельных рядов зерноуборочных комбайнов. Это позволит повысить эффективность производства за счет сокращения номенклатуры узлов и деталей (ДСЕ), сократить затраты как на производство комбайнов, так и на проведение их технического обслуживания и ремонта.

Предложенные направления являются актуальными, они позволят удовлетворять требования потребителей зерноуборочных комбайнов в зависимости от условий эксплуатации и цены. При эксплуатации зерноуборочных комбайнов с роторным МСУ производства ОАО «Гомсельмаш», экономический эффект на один такой комбайн у потребителей ожидается на уровне 1049,3 млн руб. Поскольку ежегодный выпуск таких комбайнов прогнозируется в количестве до 300 шт., то годовой экономический эффект от их эксплуатации составит 314,8 млрд руб.

При эксплуатации зерноуборочных комбайнов пропускной способностью 3–4 кг/с экономический эффект на один комбайн у потребителей прогнозируется на уровне 21,9 млн руб. При их ежегодном выпуске в количестве 1000 шт. будет получен годовой экономический эффект в размере 21,9 млрд руб.

Следовательно, реализация направлений по совершенствованию структуры выпуска зерноуборочных комбайнов ОАО «Гомсельмаш» путем расширения ассортимента только в части комбайнов предложенных классов пропускной способности и типов МСУ позволит получить годовой экономический эффект от их эксплуатации на уровне 336,7 млрд руб.

Проведенная оценка технико-экономических характеристик зерноуборочных комбайнов, выпускаемых отечественными производителями, и оценка их конкурентоспособности по сравнению с аналогами дальнего и ближнего зарубежья позволили определить наиболее слабые места в комбайнах, требующие совершенствования. В первую очередь это относится к надежности машин, которая характеризуется показателем «интенсивность отказов». Другими критериями, менее значимыми, но также влияющими на уровень конкурентоспособности, являются: прогрессивность, обслуживаемость, комфортабельность, эстетичность. Анализ факторов, влияющих на конкурентоспособность, а также установленные связи между факторами и критериями, на основании которых осуществляется оценка конкурентоспособности, позволили определить направ-

ления, реализация которых позволит существенно повысить конкурентоспособность зерноуборочных комбайнов отечественного производства:

• повышение качества зерноуборочных комбайнов;

• формирование новых конструктивно-технологических и компоновочных решений;

• непрерывная модернизация зерноуборочных комбайнов, находящихся в эксплуатации.

Следовательно, актуальный в настоящее время механизм повышения конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов заключается в реализации таких направлений, как повышение качества зерноуборочных комбайнов; формирование новых конструктивно-технологических и компоновочных решений; непрерывная модернизация зерноуборочных комбайнов, находящихся в эксплуатации, управляющих значениями критериев, на основании которых производится оценка конкурентоспособности, посредством воздействия на конструкционные, производственные, эксплуатационные факторы и факторы микросреды предприятия.

Следует отметить, что на факторы макросреды со стороны предприятия-изготовителя воздействовать нельзя, их можно только учитывать при разработке или производстве зерноуборочных комбайнов.

Схематическое описание разработанного нами механизма повышения конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов приведено на рис. 1.

Первое направление механизма повышения конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов – *повышение качества комбайнов* путем воздействия на конструкционные, производственные, эксплуатационные факторы и факторы микросреды предприятия – позволит улучшить в первую очередь значение критерия «интенсивность отказов», который характеризует надежность машины.

Показатели надежности представляют наибольшую значимость для обеспечения продовольственной безопасности республики в условиях увеличения собственного производства зерна

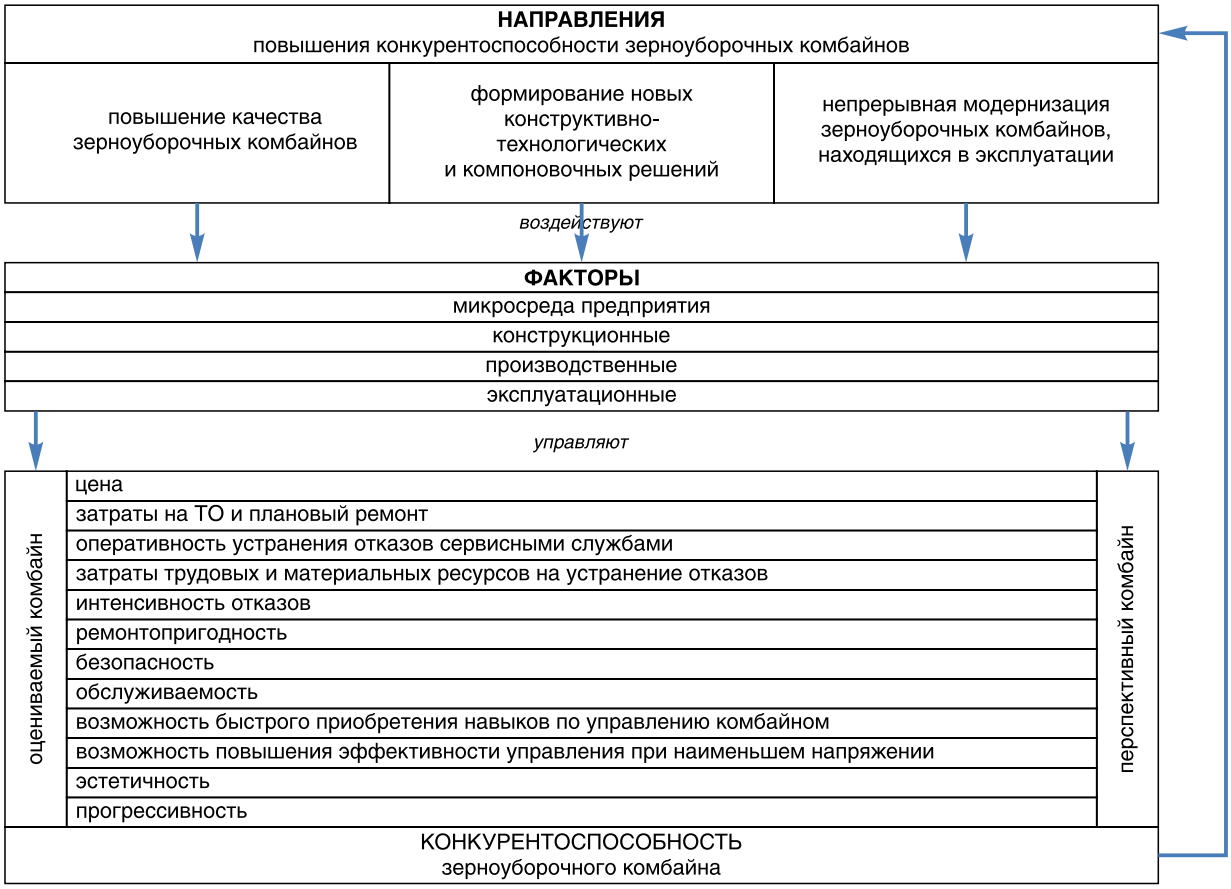

Рис. 1. Механизм повышения конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов

при одновременном сокращении сроков уборки и численности механизаторов. В таких условиях простои техники должны быть исключены, так как приводят к недопустимым потерям урожая, а также существенным убыткам сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Детальный анализ отказов зерноуборочных комбайнов производства ОАО «Гомсельмаш», находящихся на гарантийном обслуживании в хозяйствах Республики Беларусь, показал ежегодное сокращение доли отказов на один комбайн, что указывает на стабильное повышение надежности выпускаемой техники. Кроме того, преимуществом этих комбайнов перед зарубежными являются более низкие удельные затраты на их техническое обслуживание и ремонт. Однако в дальнейшем необходимо интенсифицировать работу по предотвращению причин возникновения отказов и реализовать комплекс мер по повышению надежности элементной базы отечественного производства. Это позволит повысить качество комбайнов, сделает их более привлекательными для потребителей, а значит более конкурентоспособными.

Все отказы зерноуборочных комбайнов по направлениям устранения причин их возникновения разделены на четыре группы – А, Б, В, Г. Наибольшая доля отказов отмечается по группе В – *отказы некоторых покупных комплектующих изделий, требующие их совершенствования поставщиком или замены поставщика*. Второе место по доле отказов приходится на отказы группы Б – *отказы ДСЕ собственного производства, исключение которых требует совершенствования технологии их изготовления или укрепления производственной дисциплины*. Для снижения отказов этих групп необходимо воздействовать на производственные факторы.

Повышение качества зерноуборочных комбайнов путем воздействия на производственные факторы обеспечивается:

1) повышением качества технологических процессов путем разработки пооперационных технологий, типизации технологических процессов, внедрения прогрессивных технологий, активного контроля качества в процессе производства. Если доля отказов не уменьшается со временем, необходимо организовать совместную работу конструкторов и технологов по выработке оптимальных изменений конструкции и технологии;

2) техническим перевооружением и реконструкцией производства, комплексной механизацией и автоматизацией производственных процессов, использованием высокоточного оборудования;

3) повышением эффективности входного контроля сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий, что позволяет резко снизить долю некачественных исходных компонентов, поступающих в производство.

В силу того что большинство отказов отмечается по причине выхода из строя покупных комплектующих изделий, следует более тщательно подходить к выбору поставщиков, ужесточать требования к ним и иметь альтернативных. Кроме того, важно отказаться от политики приобретения самого дешевого сырья, материалов, комплектующих, тем более если имеет место повторение отказов по причине выхода из строя одних и тех же ДСЕ.

При поиске новых поставщиков следует проводить предварительную проверку потенциальных поставщиков путем согласования технической документации, проведения стендовых испытаний образцов, а в случае положительного заключения – использование опытной партии на серийных машинах. Только при отсутствии отказов и замечаний потребителей новый поставщик может быть введен в ведомость покупных изделий.

Повышение качества продукции может быть также достигнуто путем внедрения эффективных форм внутризаводской специализации: предметной, подетальной; организации поточного производства (конвейерных и поточных линий); разработки цикловых и оперативных графиков производства, обеспечивающих ритмичную работу предприятия и т.д.

Так как имеют место отказы группы Г – *отказы ДСЕ, исключение которых требует соблюдения правил эксплуатации*, для повышения качества зерноуборочных комбайнов необходимо воздействовать на эксплуатационные факторы.

Специалисты дилерских центров ОАО «Гомсельмаш» на базе областных и районных учебных центров проводят обучение механизаторов правилам эксплуатации техники. Перед началом уборочных работ в ряде районов Республики Беларусь проводятся практические занятия с механизаторами, на которых демонстрируются методы регулировок основных механизмов и порядок агрегатирования адаптеров.

В то же время отказы зерноуборочных комбайнов по вине механизаторов в основном возникают вследствие недостаточной их квалификации и подготовленности. Так как за последние годы заметного снижения доли отказов группы Г не наблюдается, следует резко повысить требования к качеству обучения специалистов дилерских центров, которые впоследствии осуществляют обучение механизаторов. Необходимо также во время уборочных работ направлять в хозяйства группы специалистов для проведения подконтрольной эксплуатации машин и консультации механизаторов. Кроме того, со стороны руководства хозяйств к механизаторам должны быть усилены требования по следующим критериям:

– использованию техники только по прямому назначению с соблюдением режимов, предусмотренных технической документацией;

– улучшению обслуживания комбайнов и проведению регламентных работ в предусмотренные сроки;

– повышению качества текущего и планово-предупредительного ремонтов зерноуборочных комбайнов.

После окончания уборочных работ специалистами дилерских центров, как правило, проводится обследование всей выпущенной организацией и находящейся в эксплуатации сельскохозяйственной техники. По результатам этих обследований определяется перечень запасных частей, необходимых для восстановления всего парка комбайнов к уборочному сезону. Затребованная номенклатура включается в план производства, изготавливается и передается на дилерские центры для реализации потребителям. Однако зачастую эта работа ведется без должной ответственности, что оказывает влияние на работоспособность зерноуборочных комбайнов. Предварительная тщательная работа является залогом успеха проводимой сервисной политики – устранение отказов комбайнов I и II групп сложности в период ведения уборочных работ в срок не более суток – и положительно влияет на конкурентоспособность техники.

Несмотря на то что доля отказов зерноуборочных комбайнов группы А – *отказы ДСЕ, исключение которых требует совершенствования их конструкции*, – значительно ниже, чем доля отказов других групп, повышать качество машин необходимо также путем воздействия на конструкционные факторы.

Для снижения отказов группы А необходимо прибегать к многовариантному проектированию, которое заключается в том, что при проектировании нового узла машины или при совершенствовании (модернизации, модификации) существующего разработчиком должен предлагаться не один вариант решения поставленной задачи, а несколько (путем эскизной проработки нескольких вариантов конструкции). Возможен другой способ, когда одно и то же задание на разработку дается одновременно нескольким независимым разработчикам, в результате чего формируется несколько вариантов решения задачи.

Такой подход к проектированию позволяет лучше увидеть особенности конструкции, посмотреть на нее с разных сторон, оценить преимущества и недостатки каждого варианта и выбрать наиболее оптимальный по производственной возможности, технологичности, качеству и др.

Для того чтобы облегчить принятие решения в выборе варианта и не допустить ошибок, требуется применение эффективной методики выбора, позволяющей разработчикам детально изучить все предлагаемые варианты, увидеть их преимущества и недостатки и выбрать наиболее рациональный на данный момент времени.

Выбранный вариант узла конструкции до постановки его на серию должен пройти испытания, чтобы на ранней стадии выявить и устранить (если они есть) недоработки конструкции или технологии изготовления.

В общем объеме испытаний, проводимых на стадии проектирования всех сельскохозяйственных машин, важнейшую роль, с точки зрения оперативной оценки конструкторских решений, играют стендовые испытания, так как сезонный характер работы большей части сельскохозяйственных машин не позволяет обеспечить существенную наработку при полевых испытаниях. Кроме того, практика проведения комплексных испытаний образцов новых машин на стендовом оборудовании показывает, что благодаря созданию на нем более жестких условий работы, чем

в реальных условиях эксплуатации, возможно выявление значительного количества потенциальных отказов уже на ранних стадиях проектирования.

Для проведения качественных исследований и ускоренных ресурсных испытаний узлов и агрегатов, а также полнокомплектных разнородных зерноуборочных комбайнов необходимо осуществить его замену, так как имеющееся в распоряжении разработчиков стендовое оборудование в основном морально и физически устарело и перестало отвечать современным требованиям.

Повышение качества зерноуборочных комбайнов путем воздействия на факторы микросреды предприятия заключается в следующем:

– предъявление повышенных требований к поставщикам по приобретению у них только качественных комплектующих, сырья и материалов или замена поставщиков при возникновении повторных проблем по их вине;

– использование лучшего опыта конкурентов и производство комбайнов, не уступающих по техническим характеристикам машинам-конкурентам при равной или более низкой цене;

– информирование потребителей техники через средства массовой информации о результатах проведенных работ по повышению качества зерноуборочных комбайнов, формирование благоприятного имиджа о технике.

Повышение качества зерноуборочных комбайнов позволит повысить их привлекательность для потребителей за счет сокращения затрат на ремонт комбайнов и снижения затрат от простоев техники, а также будет способствовать наращиванию объемов реализации комбайнов посредниками.

Рекомендации по сокращению отказов зерноуборочных комбайнов тесно переплетаются со вторым направлением механизма повышения конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов – *формирование новых конструктивно-технологических и компоновочных решений*. Это направление также воздействует на все факторы, особенно при применении принципиально новых решений, которые требуют внесения изменений не только в конструкцию, но в технологию, а также использования новых комплектующих, сырья и материалов. Для их формирования целесообразно прибегать к методике морфологического анализа и синтеза с построением морфологических матриц по рабочим органам зерноуборочного комбайна, включающих все возможные варианты их исполнений.

Заметим, что морфологический анализ был разработан швейцарским астрономом Цвикки и является одним из методов формирования множества технических решений, основанных на классификации и комбинировании элементов технической системы. Считается, что морфологический анализ является «упорядоченным способом смотреть на вещи», позволяющим добиться «систематического обзора всех возможных решений определенной крупномасштабной проблемы», так как структурирует мышление таким образом, что генерируется «новая» информация из ускользающих от внимания комбинаций при несистематической деятельности воображения [1, с. 214].

В силу того, что МСУ зерноуборочного комбайна является системообразующим органом, определяющим его основные показатели и параметры других составных частей комбайна, представляется целесообразным поиск новых решений вести в направлении совершенствования этого органа.

В основу построения морфологической матрицы функционально-конструктивных исполнений МСУ зерноуборочных комбайнов легла предложенная нами классификация самоходных зерноуборочных комбайнов по типам МСУ [2, с. 61]. Матрица позволяет в компактной форме достаточно полно описать все многообразие серийных конструкций МСУ и рассмотреть возможные варианты сочетаний их основных элементов для формирования новых исполнений систем обмолота и сепарации зерноуборочных комбайнов.

Представление классификации по типам МСУ зерноуборочных комбайнов в матричной форме предполагает их символьное описание. В настоящее время различные фирмы используют собственные оригинальные обозначения систем МСУ или их частей, что вызывает трудности при сопоставлении и выборе комбайна. Предпринимались неоднократные попытки ввести обозначения, позволяющие отличать различные компоновочные схемы МСУ. Например, для обозначения

типов МСУ зерноуборочных комбайнов российский ученый В. Я. Гольтяпин предложил использовать следующие буквенные обозначения [3]: Т – традиционная схема; ББС – молотильный барабан + молотильный битер с сепарирующей решеткой + сепарирующий барабан; УББ – барабан-ускоритель + молотильный барабан + отбойный битер; ББВ – молотильный барабан + молотильный барабан с сепарирующей решеткой; ББО – молотильный барабан + два отбойных битера; ББР – молотильный барабан + битер + очесывающий барабан + роторный двухпоточный сепаратор; АР – аксиальный ротор; ТР – поперечно расположенный ротор; БСС – молотильный барабан + система сепарирующих роторов; АРР – два аксиальных ротора; БВС – молотильный барабан + выравнивающий битер + два (расположенных продольно) сепарирующих ротора; ДБД – приемный битер + молотильный барабан + промежуточный битер + молотильный барабан + отбойный битер.

Данная система обозначений не получила широкого распространения, так как не охватывает всю совокупность известных МСУ. Кроме того, для обозначений использованы сложно запоминающиеся аббревиатуры, имеющие слабую логическую и семантическую связь с конструктивным исполнением МСУ.

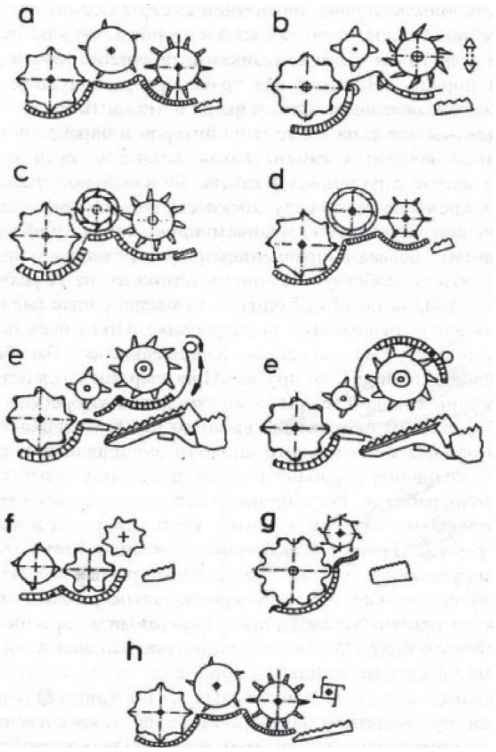

Рис. 2. Конструктивные схемы классических молотильных устройств зерноуборочных комбайнов: *a* – Ford New Holland; *b* – Deutz-Fahr; *c* – MDW, Case IH; *d* – Dronningbord, Massey Ferguson; *e* – Fiatagri; *f* – Claas; *g* – John Deere; *h* – Ford New Holland, Case CF 80

Для обозначения типов МСУ также предлагали использовать конструктивные схемы классических молотильных устройств зерноуборочных комбайнов (рис. 2) [4, с.10].

Несмотря на то что такие схематические изображения позволяют наглядно представить конструктивно-компоновочные решения различных молотильных устройств зерноуборочных комбайнов, их изображение трудоемко и не отражает все многообразие существующих. Кроме того, эти схемы следовало бы дополнить схемами сепарирующих устройств, так как МСУ комбайнов различаются не только молотильными устройствами, но и конструкцией устройств для сепарации грубого вороха.

Специалистами INTA PRECOP (Аргентина) также предложены изображения МСУ комбайнов в виде схем. Ими отмечается, что все представленные на рынке Агрентины зерноуборочные комбайны «фундаментально различаются по системе обмолота и сепарации». До 2009 г. приводилось 11 схем МСУ, иллюстрирующих различные системы обмолота и сепарации комбайнов [5], а в 2009 г. добавили еще одну схему – МСУ роторного типа. Для сравнения приведем одну из схем, иллюстрирующих МСУ барабанного типа с клавишным соломотрясом и интенсификатором сепарации грубого вороха, представленную на рис. 3. Недостаток этих схем заключается в том, что они громоздки и не удобны для представления информации в компактной форме, кроме того, трудоемко изображение самих схем МСУ.

Для упрощения представления и соотнесения типов МСУ нами разработана простая и удобная система обозначений, позволяющая в компактной форме достаточно полно описать все многообразие структурных схем МСУ серийно выпускавшихся комбайнов минимальным количеством символов и упрощенно представить их в виде структурной формулы: БМ – барабан молотильный; БС – барабан сепарирующий; БУ – барабан-ускоритель; ⌾ – битер; ⌾/2 – битер, разделяющий поток вороха на два; РС – роторное соломосепарирующее устройство (перемещение грубого вороха по спирали); РМС – роторное молотильно-сепарирующее устройство (перемещение

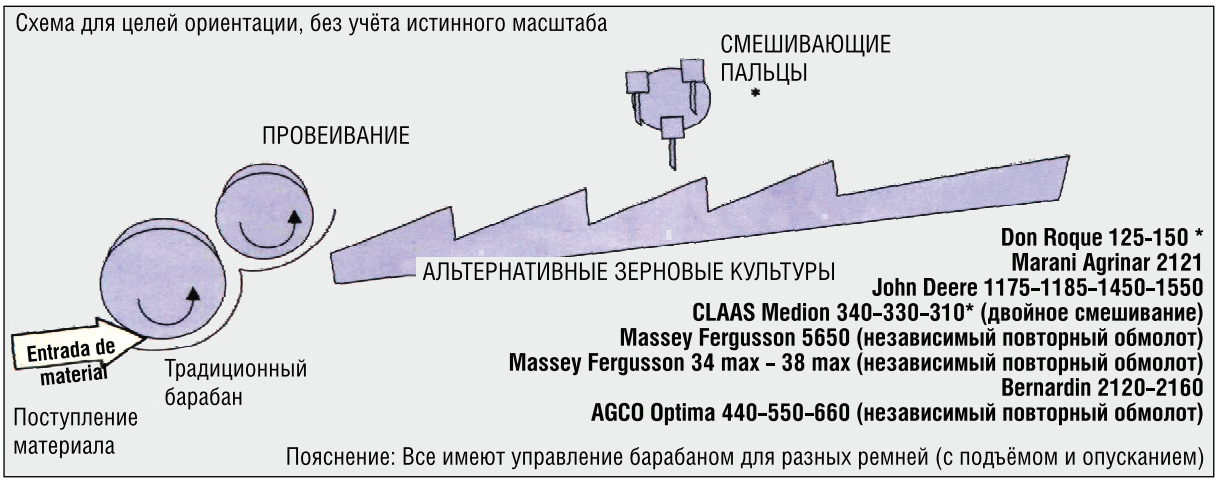

Рис. 3. МСУ барабанного типа с клавишным соломотрясом

хлебного вороха по спирали); $nmC^{p}_{П(А)}$ – соломотряс с *n*-м количеством клавиш, *m*-м количеством каскадов и *p*-м количеством интенсификаторов процесса сепарации ($C_П$ – соломотряс с пассивными интенсификаторами, $C_А$ – соломотряс с активными интенсификаторами); А – аксиальная подача вороха; Т – тангенциальная подача вороха и т. п.

Например, **1-й тип МСУ** (отнесены МСУ с разделенными функционально-конструктивными блоками обмолота хлебной массы и сепарации грубого вороха) с молотильным аппаратом барабанного типа и *клавишным соломотрясом*:

– КЗС-812 – **БМ + ^4×6С^0** (МСУ с последовательно расположенным молотильным барабаном, отбойным битером и клавишным соломотрясом без интесификатора с 4 клавишами и 6 каскадами);

– КЗС – 10К – **БМ + ^5×7С^0** (МСУ с последовательно расположенными молотильным барабаном, отбойным битером и клавишным соломотрясом без интесификатора с 5 клавишами и 7 каскадами);

– КЗС-1218 – **БУ + БМ + ^5х7С^0** (МСУ с последовательно расположенными барабаном-ускорителем, молотильным барабаном, отбойным битером и клавишным соломотрясом без интесификатора с 5 клавишами и 7 каскадами);

– «Claas» «Lexion-610–620» – **БУ + БМ + ^5х5** $C^2_А$ (МСУ с последовательно расположенными барабаном-ускорителем, молотильным барабаном, отбойным битером и клавишным соломотрясом с 5 клавишами, 5 каскадами и 2 активными интесификаторами).

1-й тип МСУ с молотильным аппаратом барабанного типа и *соломосепаратором, выполненным в виде сепарирующих барабанов*:

– «Agromet» «BIZON BS Z 110» – **БМ + + БС^5БС** (МСУ с последовательно расположенными молотильным барабаном, промежуточным битером, сепарирующим барабаном и соломосепаратором с 5 сепарирующими барабанами);

– «Claas» «Commandor 228 cs» – **+ БМ^8БС** (МСУ с последовательно расположенными подающим битером, молотильным барабаном и соломосепаратором с 8 сепарирующими барабанами).

1-й тип МСУ с молотильным аппаратом барабанного типа и *роторным соломосепаратором (гибрид)*:

– новый зерноуборочный комбайн КЗС-1624-1, производства ОАО «Гомсельмаш», а также комбайны фирмы «Claas» «Lexion-740–770» – **хБС + БМ + /2^2АРС** (МСУ с последовательно расположенными барабаном-ускорителем, молотильным барабаном, отбойным битером, разделяющим поток вороха на два, и двумя аксиально расположенными сепарирующими роторами).

2-й тип МСУ (МСУ с совмещенными функционально-конструктивными блоками обмолота хлебной массы и сепарации грубого вороха) (роторный):

– комбайны «John Deere» S 690i – **АР3МС** (трехступенчатое роторное МСУ с аксиальной подачей вороха);

– комбайны «Laverda» MX 300 – **ТРМС** (тангенциально-роторное МСУ).

Следовательно, предлагаемая нами морфологическая матрица позволяет формировать новые функционально-конструктивные исполнения МСУ зерноуборочных комбайнов путем различных комбинаций компонентов молотильного и сепарирующего блоков МСУ, которые могут различаться не только по количеству, но и взаимному расположению. Так, структурная схема молотильного блока составляется по следующему принципу (формула (1)):

$$a\text{БУ} + b\text{БМ} + c\text{⌾} + d\text{БС}, \quad (1)$$

где a, b, c и d – количество барабанов ускорителей, молотильных барабанов, битеров и сепарирующих барабанов ($b \geq 1$; a, c и $d \geq 0$).

Структурная схема сепарирующего блока в зависимости от конструктивной особенности выделения зерна из грубого вороха составляется по одной из трех форм:

а) клавишный соломотряс (формула (2)):

$$nmC^p, \quad (2)$$

где n, m и p – количество клавиш, каскадов и интенсификаторов процесса сепарации соответственно (n, $m \geq 1$; $p \geq 0$);

б) сепарирующие барабаны (формула (3)):

$$z\text{БС}, \quad (3)$$

где z – количество последовательно расположенных сепарирующих барабанов ($z \geq 1$);

в) роторный соломосепаратор (формула (4)):

$$f\text{АРС или } g\text{ТРС}, \quad (4)$$

где f, g – количество соломосепарирующих роторов с аксиальной или тангенциальной подачей грубого вороха соответственно (f, $g \geq 1$).

МСУ с совмещенными функционально-конструктивными блоками (выделение зерна из колоса и соломы) в зависимости от направления подачи хлебной массы будет выглядеть так (формула (5)):

$$f\text{АРМС или } g\text{ТРМС}, \quad (5)$$

где f, g – количество молотильно-сепарирующих роторов с аксиальной или тангенциальной подачей хлебной массы соответственно (f, $g \geq 1$).

В качестве примеров комбинаций компонентов МСУ зерноуборочных комбайнов, не известных в серийном производстве, можем привести следующие.

1. МСУ с последовательно расположенными барабаном ускорителем, молотильным барабаном, отбойным битером и клавишным соломотрясом с 4 клавишами, 7 каскадами и 3 активными интесификаторами – БУ + БМ +⌾^4×7C^3_A. Увеличенное количество интенсификаторов соломотряса позволяет улучшить процесс сепарации грубого вороха без увеличения количества клавиш соломотряса.

2. МСУ с двумя соосно расположенными роторами, в которых тангенциально двумя потоками подается хлебная масса – 2ТРМС. Разделение хлебной массы на входе позволяет уменьшить толщину ее слоя, что улучает процесс обмолота и сепарации.

На рис. 4 приведена разработанная нами морфологическая матрица функционально-конструктивных исполнений МСУ зерноуборочных комбайнов, которая позволила описать все известные конструкции МСУ серийных самоходных зерноуборочных комбайнов, в том числе всех комбайнов, производящихся и планируемых к производству в Республике Беларусь, а также предложить несколько новых вариантов конструкции МСУ.

МСУ с разделенными функционально-конструктивными блоками обмолота хлебной массы и сепарации грубого вороха									
Молотильный блок (преимущественное выделение зерна из колоса в хлебной массе)	Без дополнительных устройств	С 1 молотильным барабаном (**БМ**) Laverda 1950; Claas Commandor 228 CS	С 2 молотильными барабанами (**2БМ**) John Deere 1450CWS, 1550CWS	С 3 и более молотильными барабанами (**bБМ**, $b \geq 3$)					
	С битерами	С молотильным барабаном и отбойным битером (**БМ+**⊚) John Deere 1450, 1550; Claas Dominator 130-150, Medion 330–340; Massey Fergusson 5650; Ростсельмаш Дон-1500Б, Vector-410, Vector-420, Acros-530-540; Гомсельмаш КЗС-7, КЗС-10К; КЗС-812; Лидагропроммаш «Лида-1300»	С молотильным барабаном, промежуточным битером и отбойным битером (**БМ±**⊚-⊚) John Deere 9780 CTS	С 2 и более молотильными барабанами, с 2 и более и промежуточными битерами или без них и отбойным битером или без него					
		С подающим битером, молотильным барабаном и отбойным битерами (⊚**+БМ+**⊚) Ростсельмаш СК-5 «Нива»	С подающим битером, 2 молотильными барабанами, промежуточным и отбойным битерами) (⊚**+БМ+**⊚**+БМ+**⊚) СК-6; СКД-6; «Енисей-1200»	С подающим битером, 2 и более молотильными барабанами, битерами между ними и отбойным битером					
	С битерами и сепарирующими барабанами (в том числе барабанами-ускорителями)	С молотильным барабаном, сепарирующим барабаном и отбойным битером (**БМ+БС+**⊚) New Holland TF44	С молотильным барабаном, промежуточным битером (в том числе убираемым) и сепарирующим барабаном **БМ+**⊚**+БС** (**БМ±**⊚**+БС**) New Holland TC 57, TC 59, CS 660, CX 720, CX 740, CX 760, CX 780, CX 820, CX 840, CX 860, CX 880; Massey Ferguson серии Cerea; Fendt 6280C, 5250, 8300, 8350	С молотильным барабаном, промежуточным битером (в том числе убираемым), сепарирующим барабаном и отбойным битером **БМ+**⊚**+БС+**⊚ (**БМ±**⊚**+БС+**⊚) Case IH CF-80; Лидагропроммаш Лида–1600	С подающим битером или без него, 1 или более молотильным барабаном, 1 или более сепарирующим барабаном, 1 или более промежуточным битером или без него, с отбойным битером или без него				
		С сепарирующим барабаном, молотильным барабаном и отбойным битером (**БС+БМ+**⊚) Deutz-Fahr 5585HT	С барабаном ускорителем, молотильным барабаном и отбойным битером (**БУ+БМ+**⊚) Claas Lexion 620-670, Mega 350-370; Гомсельмаш КЗС-1218	С барабаном ускорителем, молотильным барабаном и отбойным битером-делителем потока (**БУ+БМ+**⊚**/2**) Claas Lexion 740-770	С подающим битером или без него, с 2 и более сепарирующими барабанами, с 1 или более молотильным барабаном, 1 или более промежуточным битером или без него, с делением или без деления потока отбойным битером или без него				
Сепарирующий блок (преимущественное выделение зерна из грубого вороха)	Клавишный соломотряс:	Без интенсификаторов сепарации Case IH CF-80	С 1 или несколькими пассивными механическими интенсификаторами сепарации, закрепленными на клавишах (ворошители, гребни, граблины) Ростсельмаш «Дон-1500», Гомсельмаш КЗС-10К	С 1 или несколькими активными механическими интенсификаторами сепарации, установленными над клавишами Claas Lexion 610-620, Mega 350-370	С пневматическими интенсификаторами сепарации				
	интенсификаторы								
	количество клавиш	**1** Claas Super	**3** Claas Europa	**4** Claas Dominator 78	**5** Лидагропроммаш «Лида-1300», Claas Medion-330	**6** Claas Mega 208	**8** Fendt 8300	Свыше **8**	
	количество каскадов	**2**	**4** Sampo Rosenlew 3065	**5**	**6**	**7**	**8** John Deere 9000 WTS	**11** John Deere W650	Свыше **11**
	Сепарирующие барабаны	С 5 сепарирующими барабанами **5БС** Bizon BS Z 110	С 8сепарирующими барабанами **8БС** Claas Commandor 228 CS	Более **8БС**					

	Сепарирующие роторы (перемещение грубого вороха по спирали)	Продольный с аксиальной подачей вороха в 1 сепарирующий ротор **1АРС** Claas Tucano 480	С аксиальной подачей вороха в 2 параллельных продольных ротора **2АРС** Claas Lexion 760-770	С тангенциальной подачей вороха в 2 параллельных продольных ротора **2ТРС** John Deere CTS	Поперечный **ТРС/2** New Holland TF44	
	Сепарирующие транспортеры	Конвейерно-роторный с поперечными прутками зерноуборочный комбайн немецких промышленных предприятий, Шпандау, 1930-е гг.	Конвейерно-роторный с 1 или несколькими пассивными механическими интенсификаторами сепарации	Конвейерно-роторный с 1 или несколькими активными механическими интенсификаторами сепарации	Цепной вибрационный с динамически подвешенными поперечными прутками	Цепной с пневматическими интенсификаторами сепарации
МСУ с совмещенными функционально-конструктивными блоками обмолота хлебной массы и сепарации грубого вороха						
Солотильно-сепарирующий блок (выделение зерна из колоса и соломы)	Продольный: неподвижный кожух	⚙**+АРМС** Western Combine	**АРМС** Case IH 2380, 2377, 2399, 8010, 7010	⚙**/2+2АРМС** New Holland TR 98, TR 99, CR 980, CR 9040, CR 9060, CR 9070	**АР3МС** John Deere серии STS и S	
	вращающийся кожух	**АРМС**🖵 Ростсельмаш Torum	С делителем потока и двумя аксиально-роторными МСУ с вращающимися кожухами ⚙/2+2АРМС🖵			
	Поперечный	Тангенциально-роторное МСУ **ТРМС** Fiatagri MX240; MX300; Гомсельмаш КЗС-10	С дополнительным тангенциально-роторным соломосепаратором, расположенным за основным МСУ и перемещающим грубый ворох в противоположную сторону ТРМС+ТРС		С двумя тангенциально-роторными МСУ, перемещающими хлебную массу в разные стороны **2ТРМС**	

– новые варианты функционально-конструктивных исполнений МСУ зерноуборочных комбайнов

Рис. 4. Морфологическая матрица функционально-конструктивных исполнений МСУ зерноуборочных комбайнов

Предложенная морфологическая матрица и ее модификации позволяют осуществлять поиск новых конструктивных решений и формировать новые сочетания приведенных в ней компонентов для выбора оригинальных и эффективных исполнений МСУ.

Третье направление механизма повышения конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов – *непрерывная модернизация зерноуборочных комбайнов, находящихся в эксплуатации*.

Данное направление является максимально выгодным для потребителей. Его реализация позволит продлить срок эксплуатации машин и осуществлять уборку зерновых культур без увеличения потерь урожая, так как физический и моральный износ комбайнов будет отложен во времени. Изменения, вносимые в конструкцию, должны иметь возможность реализовываться в условиях хозяйств или дилерских центров, что позволит исключить затраты времени и средств, требуемых для транспортировки комбайнов на предприятие-изготовитель. Специальные бригады в дилерских центрах или в условиях хозяйств будут осуществлять замену морально и физически устаревших узлов или элементов зерноуборочных комбайнов на более совершенные, продлевая активный срок жизни комбайна.

Проведение непрерывной модернизации зерноуборочных комбайнов, находящихся в эксплуатации, позволит отечественным производителям зерноуборочных комбайнов сохранить свой производственный и кадровый потенциал в условиях резкого сокращения платежеспособного спроса из-за процессов, происходящих в экономике основных стран экспорта. Наблюдаемое в настоящее время вынужденное временное сокращение объемов выпуска машин позволяет, с целью рационального использования имеющихся материально-технических и трудовых ресурсов производителей, направить высвободившиеся ресурсы на модернизацию зерноуборочных комбайнов, находящихся в эксплуатации. Кроме того, это будет стимулировать разработчиков на создание комбайнов с максимально высокой степенью агрегатности компонентов, т. е. в виде блочно-модульных конструкций. Это направление, как и два предыдущих, воздействует на все факторы.

Для разработки эффективных технических решений, позволяющих с минимальными затратами провести модернизацию комбайнов, заменив морально или физически изношенные компоненты на новые, улучшенные, потребуется прибегать к многовариантному проектированию. Проведение стендовых испытаний конструкций отобранных технических решений позволит ускорить их доводку и повысить надежность.

Воздействие на производственные факторы будет заключаться в необходимости разработки технологии изготовления новых ДСЕ. Кроме того, может потребоваться применение новых комплектующих, сырья, материалов.

Непрерывная модернизация комбайнов потребует постоянного обучения и переподготовки механизаторов и персонала, осуществляющего техническое обслуживание машин, – в этом заключается воздействие на эксплуатационные факторы.

Следует отметить, что все направления механизма повышения конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов в конечном итоге способствуют росту их привлекательности для потребителей, в первую очередь благодаря повышению надежности. Реализация направлений сократит количество отказов комбайнов как минимум на 20 % в год, что позволит сэкономить более 3,2 млрд руб. из ежегодно направляемых ОАО «Гомсельмаш» средств на их устранение.

Реализация предложенного механизма повышения конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов позволит предприятиям сельскохозяйственного машиностроения Республики Беларусь выйти на новый уровень, предлагая только конкурентоспособную продукцию.

Выводы

1. Наличие зарубежных конкурентов на рынках стран СНГ, а также стран ближнего и дальнего зарубежья, потенциальных потребителей с разным уровнем состоятельности и широким диапазоном различающихся условий эксплуатации требует поиска новых направлений повышения конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов, выпускаемых предприятиями Республики Беларусь.

2. Разработан актуальный в настоящее время механизм повышения конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов, который заключается в реализации таких направлений, как повышение качества зерноуборочных комбайнов; формирование новых конструктивно-технологических и компоновочных решений; непрерывная модернизация зерноуборочных комбайнов, находящихся в эксплуатации, управляющих значениями критериев, на основании которых производится оценка конкурентоспособности посредством воздействия на конструкционные, производственные, эксплуатационные факторы и факторы микросреды предприятия.

3. Совершенствование структуры выпуска зерноуборочных комбайнов необходимо для возможности ее адаптации к широкому спектру требований потребителей в зависимости от условий эксплуатации и цены: целесообразно производство зерноуборочных комбайнов различных классов пропускной способности; введение в структуру выпуска зерноуборочных комбайнов машин с различными функционально-структурными схемами МСУ, например, с совмещенными функционально-конструктивными блоками обмолота хлебной массы и сепарации грубого вороха. Для возможности удовлетворения потребителей с разным уровнем финансовой состоятельности целесообразно производить зерноуборочные комбайны базовой комплектации – нижнего ценового диапазона, а далее, в зависимости от желания потребителей, по отдельным заказам устанавливать различные опции. Реализация направлений по совершенствованию структуры выпуска зерноуборочных комбайнов ОАО «Гомсельмаш» путем расширения ассортимента только в части комбайнов предложенных классов пропускной способности и типов МСУ позволит получить годовой экономический эффект от их эксплуатации на уровне 336,7 млрд руб.

4. Повышение качества комбайнов, реализуемое через воздействие на конструкционные, производственные, эксплуатационные факторы и факторы микросреды предприятия, позволит улучшить в первую очередь значение критерия «интенсивность отказов», который характеризует надежность машины. Предложены рекомендации по повышению надежности зерноуборочных комбайнов с учетом выделенных причин их отказов.

5. Формирование новых конструктивно-технологических и компоновочных решений составных частей комбайнов реализуется также через воздействие на конструкционные, производственные, эксплуатационные факторы и факторы микросреды предприятия. Рекомендации по устранению причин отказов комбайнов также актуальны при реализации данного направления. Например, использование многовариантного проектирования, после чего на основании эффективных методик осуществляется выбор рациональной конструкции. При этом осуществлять поиск новых эффективных решений целесообразно путем проведения морфологического анализа и построения морфологических матриц по рабочим органам зерноуборочного комбайна.

6. Разработана простая и удобная система обозначений типов МСУ, позволяющая в компактной форме достаточно полно описать все многообразие структурных схем МСУ серийно выпускавшихся и перспективных комбайнов минимальным количеством символов и упрощенно представить их в виде структурной формулы.

7. В результате морфологического анализа МСУ зерноуборочных комбайнов построена морфологическая матрица функционально-конструктивных исполнений МСУ, которая позволила описать известные конструкции МСУ серийных самоходных зерноуборочных комбайнов, в том числе всех комбайнов, производящихся в Республике Беларусь. Матрица и ее модификации дают возможность также формировать новые перспективные решения из сочетаний приведенных в ней компонентов для выбора оригинальных исполнений МСУ барабанного и роторного типа.

8. Непрерывная модернизация зерноуборочных комбайнов, находящихся в эксплуатации, являющаяся максимально выгодной для потребителей, позволит продлить срок эксплуатации машин и осуществлять уборку зерновых культур без увеличения потерь урожая, так как физический и моральный износ комбайнов будет отложен во времени. Это направление реализуется также посредством воздействия на все факторы. Это позволит сохранить производственный и кадровый потенциал отечественным производителям зерноуборочных комбайнов в условиях резкого сокращения платежеспособного спроса из-за процессов, происходящих в экономике основных стран экспорта.

9. Реализация предложенного механизма повышения конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов позволит предприятиям сельскохозяйственного машиностроения Республики Беларусь выйти на новый уровень, предлагая только конкурентоспособную продукцию.

10. Все направления механизма повышения конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов в конечном итоге способствуют росту их привлекательности для потребителей, в первую очередь благодаря повышению надежности. Реализация направлений сократит количество отказов комбайнов как минимум на 20% в год, что позволит сэкономить более 3,2 млрд руб. из ежегодно направляемых ОАО «Гомсельмаш» средств на их устранение.

Список использованных источников

1. *Янч, Э.* Прогнозирование научно-технического прогресса / пер. с анг., общ. ред. и предисл. Д. М. Гвишани. – Москва: Прогресс, 1974. – 585 с.

2. *Липская, В. К.* Особенности формирования конкурентоспособности зерноуборочной техники / В. К. Липская // Аграрная экономика. – 2013. – № 6. – С. 52–63.

3. *Гольтяпин, В. Я.* Характеристика современных зерноуборочных комбайнов / В. Я. Гольтяпин // Техника и оборудование для села. – 1999. – Март-апрель. – С. 24–37.

4. Комбайны зерноуборочные зарубежные / А. В. Клочков [и др.]. – Минск: УП «Новик», 2000. – 192 с.

5. Mario Bragachini, Jose Pieretti, Daniel Damen. Clasification International de Cosechadoras // PROYECTO EFICIENCIA DE COSECHA Y POSTCOSECHA DE GRANOS, Actuallizacion tecnica. – Febrero 2007. – N 38.

Поступила в редакцию 21.09.2015