

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК

УДК 631.3:658.567.1

Н.В. АЛДОШИН, Н.А. ЛЫЛИН, Ю.А. ЛЕСКОНОГ, А.А. ИВЛЕВ

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева

ФОРМИРОВАНИЕ РЫНКА ВТОРИЧНЫХ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ

Последним этапом жизненного цикла технических средств является утилизация. В результате утилизации могут быть повторно использованы не только материалы, из которых состоит техника, но и ее узлы и детали, обладающие остаточным ресурсом. Рассматривается ситуация, когда с утилизируемой техники демонтировались узлы и детали, которые передавались на реализацию. Степень разборки техники может быть различной, при этом различной будет и трудоемкость операций разборки, и финансовый результат. Решение проблемы формирования рынка вторичных запасных частей можно осуществить, применяя математический аппарат биматричных игр. Данная методика расчета позволяет определить взаимовыгодное решение на рынке вторичных запасных частей как для подразделений, осуществляющих разборку техники и дефектовку изделий, так и для структур, занимающихся реализацией вторичных запасных частей.

На примере тракторного двигателя Д-240 проведено обоснование степени его разборки и целесообразности реализации по узлам и деталям или в полнокомплектном состоянии. Расчет выполнен при помощи платежных матриц игроков «А» и «В». Игроком «А» является подразделение-демонтижер узлов и деталей, «В» – структура, реализующая вторичные запасные части. Определены уровни цен на детали и узлы двигателя, а также на агрегат в сборе и трудоемкости работ по демонтажу агрегатов и полной разборке. Результат решения показан графически. Равновесная ситуация, взаимовыгодная для обеих структур, обеспечивается при создании фонда вторичных запасных из 38...39% агрегатов, полностью разбираемых, и 61...62% изделий, реализуемых в сборе. Также возможно поведение игроков в их чистых стратегиях, когда все агрегаты либо разбираются и продаются по частям, либо продаются в сборе.

Ключевые слова: утилизация, демонтаж, запасные части, биматричные игры, платежная матрица, равновесная ситуация.

Введение. По истечении жизненного цикла техники наступает этап ее утилизации. Однако некоторые детали со списанной техники обладают остаточным ресурсом, причем во многих случаях – значительным ресурсом. Другими словами, многие детали с утилизируемых машин могут быть использованы повторно непосредственно после их демонтажа или после восстановительного ремонта. В развитых странах мира уже сформирован рынок вторичных запчастей [1, 2].

В статье рассмотрен математический аппарат биматричных игр применительно к процессу демонтажа и реализации вторичных запасных частей, когда ставится задача определения равновесной ситуации, взаимовыгодной для предприятий по демонтажу изделий утилизируемой техники и продавцам вторичных запасных частей [3].

Цель исследования. Целью данной статьи является установление пропорций по степени разборки изделий утилизируемой техники, пригодных для использования при формировании вторичного фонда запасных частей.

Методы решения. Игроком «А» является подразделение-демонтижер узлов и деталей, «В» – структура, реализующая вторичные запасные части. Чтобы определить равновесную ситуацию, необходимо рассчитать платежные матрицы игроков «А» и «В», т.е. определить сумму прибыли, которую получит каждый из игроков. Прибыль игрока «А» будет формироваться от продажи агрегатов, узлов и деталей, годных для дальнейшего использования, и от реализации материалов переработки техники (черные и цветные металлы, пластмассы и т.д.). Прибыль игрока «В» будет формироваться от реализации агрегатов и деталей конечным потребителям – владельцам техники. При взаимодействии игроков «А» и «В» возникает ситуация, когда игрок «А» может сделать выбор одной из двух стратегий: демонтировать агрегат и передать его целиком на реализацию игроку «В» или демонтировать агрегат, разобрать его на детали, выполнить дефектовку и уже по частям передать на реализацию игроку «В». В свою очередь игрок «В» также может сделать выбор одной из двух стратегий поведения: брать агре-

гаты на реализацию в сборе или брать запасные части после разборки и дефектовки агрегата.

Оценим платежные матрицы игроков «А» и «В» на примере. В качестве утилизируемого агрегата рассмотрим двигатель Д-240 одного из самых распространенных на территории РФ тракторов МТЗ-80 (с заводского конвейера сошли более 3-х млн тракторов). Стоимость нового двигателя составляет в среднем 180000 руб. Перечень основных деталей и цены на них представлены в таблице 1.

Цена на агрегат, демонтированный с утилизируемой техники, существенно ниже цены нового агрегата, и зависит это прежде всего от износа дета-

лей. Для упрощения расчетов принимаем цену бывшего в употреблении двигателя на уровне 30% от стоимости нового двигателя. Что касается запасных частей, то после дефектовки и определения остаточного ресурса цены на них могут быть сопоставимы с ценами на новые неоригинальные детали. Примем допущение, что после разборки и дефектовки агрегата цена на детали составит половину от цены на новые оригинальные запасные части.

Если исходить из условия, что игрок «В» делает наценку на уровне 25%, платежная матрица игрока «В» примет вид

$$B = \begin{bmatrix} 13500 & 0 \\ 0 & 21225 \end{bmatrix}.$$

Таблица 1

Наименование основных деталей двигателя Д-240 и их стоимость

Наименование детали	Стоимость, руб.
Блок двигателя	33500
Головка блока цилиндров в сборе	19000
Коленчатый вал	10000
Цилиндро-поршневая группа (гильзы цилиндров, поршни, компрессионные и маслосъемные кольца)	6400
Комплект шатунов	5600
Масляный картер	5200
Компрессор	5900
Клапанная крышка	2500
Крышка шестерен	3100
Блок шестерен	4900
Маховик	13700
Водяной насос	2400
Масляный насос	3600
Центрифуга масляная	3600
Генератор	2800
Масляный насос гидросистемы	2800
Топливный насос высокого давления	27900
Комплект форсунок	3600
Пусковой двигатель	9700
Опора двигателя	1300
Шкив коленчатого вала	1300
Впускной коллектор	1000

Чтобы оценить платежную матрицу игрока «А» (демонтажера), необходимо оценить уровень затрат на демонтаж агрегата с утилизируемой техники, а также затраты в случае проведения разборки и дефектовки агрегата. Во многих случаях операции разборки и дефектовки при утилизации совпадают с соответствующими работами ремонтного производства. В частности, для демонтажа двигателя Д-240 с трактора МТЗ-80 разработаны нормативы времени (табл. 2). Нормы времени рассчитаны на исправное оборудование и подъемно-транспортные механизмы, наличие на рабочих местах необходимой оснастки, инструмента и приспособлений, предусмотренных технологическим процессом, обеспеченность расходными материалами [4].

Операции по разборке двигателя на узлы и детали также нормированы. В таблице 3 приведены укрупненные нормативы трудоемкости на выполнение операций по снятию, разборке и проверке (дефектовке, испытанию, регулировке) узлов и деталей двигателя Д-240.

Как следует из представленных материалов, трудоемкость процесса разборки двигателя более чем в 3 раза превышает трудоемкость демонтажа двигателя с трактора. В итоге суммарная трудоемкость работ демонтажа и разборки составляет около 12 чел.-ч.

Таким образом, платежная матрица игрока «А» будет состоять из положительных элементов – прибыль демонтажера за вычетом наценки магазина, и отрицательных элементов – затрат на проведение работ по демонтажу двигателя и его разборки. Платежная матрица игрока «А» имеет вид

$$A = \begin{bmatrix} 22300 & -31600 \\ -14200 & 28150 \end{bmatrix}.$$

Результаты исследования. По представленной в статье [3] методике сделаем расчет показателей:

$$C = a_{11} - a_{12} - a_{21} + a_{22} = 22300 - (-31600) - (-14200) + 28300 = 96400$$

$$D = b_{11} - b_{12} - b_{21} + b_{22} = 13500 + 0 + 0 + 21225 = 34725$$

$$b = a_{22} - a_{12} = 28150 - (-31600) = 59750$$

$$в = b_{22} - b_{21} = 21225 - 0 = 21225$$

Таблица 2

Укрупненные нормы времени на замену сборочных единиц

Наименование работ, сборочных единиц, составных частей	Снятие	
	разряд	норма времени, чел.-ч
Наружная очистка и мойка трактора, доставка трактора на место текущего ремонта	2	0,90
Слив масла, воды из дизеля, масло из гидроусилителя рулевого управления	2	0,15
Фильтр грубой очистки, кронштейны с фарами и указателями поворота, боковины облицовки радиатора и решетки облицовки радиатора в сборе с капотом, электрические провода, патрубки радиатора, гибкий вал тахометра, ресивер и трубопроводы, шланги блока отопителя кабины, водяного насоса, топливные трубки	3	0,63
Трос аварийного останова двигателя, левая боковина юбочной части щитка приборов, шнур управления шторкой радиатора, тяга управления подачей топлива	3	0,37
Растяжки радиатора, всасывающие и нагнетательные маслопроводы ГУР, трубки масляного фильтра, маслопровод датчика блокировки, рулевой вал; установка (снятие) клиньев задних колес, передняя опора; установка (снятие) подставки под корпус муфты сцепления, корпус муфты сцепления, полурама, дизель	3	0,73
ИТОГО	3	2,78

Таблица 3

Укрупненные нормы времени на разборку двигателя Д-240

Наименование узла или вид работы	Время в минутах			Всего, мин.
	снятие	разборка	проверка, дефектовка, регулировка и др. работы	
1	2	3	4	5
Доставка двигателя в разборочно-моечное отделение, установка на подставку	–	–	6	6
Воздухоочиститель и поддон воздухоочистителя	2	–	–	2
Кожух и патрубков выхлопного коллектора	2	–	–	2
Всасывающий коллектор	6	6	–	12
Стартер	3	–	–	3
Электрофакельный подогреватель	1	–	–	1
Генератор с планкой и ремень вентилятора	3	–	–	3
Колпак крышки головки цилиндров	1	–	–	1
Крышка маслозаливной горловины	1	–	–	1
Наружная мойка	–	–	24	24
Счетчик моточасов, фильтр-отстойник, топливные трубки, спускной краник	3	5	–	8

1	2	3	4	5
Насос гидроусилителя рулевого управления и крышка распределителя	3	–	–	3
Центробежный масляный фильтр	3	12	20	35
Муфта сцепления	3	7	–	10
Топливный фильтры тонкой и грубой очистки и трубки низкого давления	6	–	–	6
Кронштейны генератора, шланг термостата и термостат	3	–	–	3
Водяной насос, вентилятор, крышка головки цилиндров и выхлопной коллектор	6	19	–	25
Топливные трубки высокого давления и форсунки	4	–	–	6
Механизм коромысел и штанги толкателей	3	14	11	28
Головка цилиндров	6	18	10	34
Маховик	3	10	8	21
Шкив коленчатого вала, передняя опора двигателя и крышка люка	2	1	–	3
Топливный насос и фланец шестерни топливного насоса	3	–	–	3
Масляный картер	6	3	–	9
Корпус сальника заднего уплотнения коленчатого вала, задний лист и опора масляного картера	4	–	–	4
Масляный насос и отводящий патрубок	3	15	20	38
Крышка распределения, шестерня привода топливного насоса и сапун	4	3	–	7
Передний маслоотражатель и шестерня привода масляного насоса	2	–	–	2
Распределительный вал, толкатели, промежуточная шестерня и шит распределения	5	5	–	10
Шатунно-поршневая группа	8	16	–	24
Коленчатый вал	8	23		31
Мойка деталей и узлов двигателя в моечной машине	–	–	60	60
Гидравлическое испытание блока цилиндров головки блока цилиндров	–	–	25 15	40
Всего, время, ч	1,83	2,62	4,82	9,27

Исходя из полученных результатов, вероятности выбора стратегий p и q соответственно игроков «А» и «В» будут определяться неравенствами

$$\begin{aligned} (p-1)(96400 \cdot q - 59750) &\geq 0 \\ p(96400 \cdot q - 59750) &\geq 0 \\ (q-1)(34725 \cdot p - 21225) &\geq 0 \\ q(34725 \cdot p - 21225) &\geq 0 \end{aligned}$$

Отсюда при

$$\left. \begin{aligned} p = 0 & \quad q \leq 0,62 \\ p = 1 & \quad q \geq 0,62 \\ 0 < p < 1 & \quad q = 0,62 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} q = 0 & \quad p \leq 0,61 \\ q = 1 & \quad p \geq 0,61 \\ 0 < q < 1 & \quad p = 0,61 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Перенесем полученные сведения на чертеж. Введем на плоскости прямоугольную систему координат (p, q) и выделим на ней единичный квадрат, соответствующий неравенствам:

$$0 \leq p \leq 1, \quad 0 \leq q \leq 1$$

Нанесем на этот чертеж то множество точек, которое описывается условиями 4 (рис. 1а). Это множество состоит из трех прямоугольных участков – двух вертикальных лучей и одного горизонтально-го отрезка – и представляет собой зигзаг. Нас будет интересовать только та его часть, которая попала в единичный квадрат. Перенесем на чертеж множество точек, соответствующих неравенствам (5), получим второй зигзаг, но уже горизонтальный (рис. 1б).

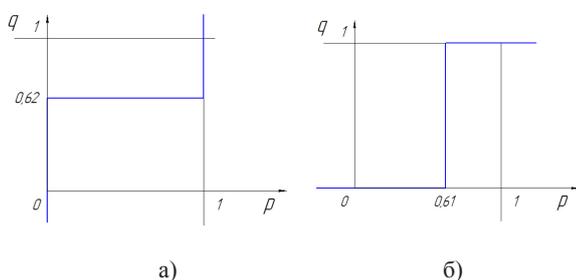


Рис. 1. Отображение решения систем неравенств: а) системы (4); б) системы (5)

Объединив полученные чертежи, находим точки пересечения зигзагов (рис. 2). В нашем случае таких точек три. Две из них отвечают чистым стратегиям игроков «А» и «В», а одна – смешанным.

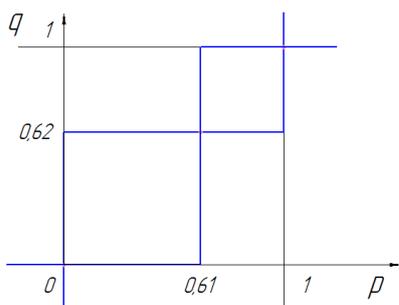


Рис. 2. Геометрический результат определения ситуаций равновесия

Ситуации $(1, 1)$ и $(0, 0)$ показывают одновременный выбор игроками своих первых или, соответственно, вторых стратегий, т.е. определенной договоренности о совместных действиях. Но в данном случае есть еще одна ситуация равновесия, состоящая в выборе игроками вполне определенных смешанных стратегий. В ней оба игрока также получают выигрыши. Такая ситуация показывает поведение игроков, когда они не могут договориться друг

с другом заранее о выбранной стратегии, например, в случае нахождения их на разных предприятиях и взаимодействия с различными структурами. Ситуации равновесия являются выгодными для каждого партнера. При равновесной ситуации отклонение от нее невыгодно самим обоим партнерам.

При выборе чистых стратегий игроками их выигрыши будут равны соответствующим элементам платежных матриц, а при равновесной ситуации смешанной стратегии их выигрыши составят:

$$\begin{aligned} H_A(p, q) &= a_{11}pq + a_{12}p(1 - q) + \\ &+ a_{21}(1 - p)q + a_{22}(1 - p)(1 - q) = \\ &= 22300 \cdot 0,61 \cdot 0,62 - 31600 \cdot 0,61 \cdot 0,38 - \\ &- 14200 \cdot 0,39 \cdot 0,62 + 28150 \cdot 0,39 \cdot 0,38 = \\ &= 8434 - 7325 - 3435 + 4172 = 1846; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_B(p, q) &= b_{11}pq + b_{12}p(1 - q) + \\ &+ b_{21}(1 - p)q + b_{22}(1 - p)(1 - q) = \\ &= 13500 \cdot 0,61 \cdot 0,62 + 21225 \cdot 0,38 \cdot 0,39 = \\ &= 5105 + 3145 = 8250. \end{aligned}$$

В ситуации, когда между игроками на рынке вторичных запасных частей нет договоренности и они действуют независимо друг от друга (сбыт запчастей может быть налажен в различные магазины, или магазин может осуществлять закупки у различных поставщиков), целесообразно порядка 61..62% агрегатов, на примере тракторного двигателя Д-240, демонтировать и реализовывать целиком, а 38...39% – разбирать, дефектовать и реализовывать по деталям. При этом стоит отметить еще одно важное обстоятельство. Если «пошевелить» элементы платежной матрицы, например, ситуация изменения цен на запасные части, то вероятности p и q практически не меняются. В подобных случаях принято говорить, что результат устойчив относительно малых шевелений.

Выводы. В ситуации, когда между игроками на рынке вторичных запасных частей нет договоренности и они действуют независимо друг от друга, для тракторного двигателя Д-240 целесообразно 61..62% агрегатов демонтировать и реализовывать целиком, а 38...39 – разбирать, дефектовать и реализовывать по деталям.

Библиографический список

1. Алдошин Н.В. Вторичное использование изделий утилизируемой техники / Н.В. Алдошин // Международный научный журнал. 2010. № 5. С. 92–97.
2. Алдошин Н.В. Утилизация техники в системе АПК: Монография / Н.В. Алдошин, А.А. Ивлев, Ю.А. Лесконог, Н.А. Лылин. М.: ООО «УМЦ «Триада», 2014. 222 с.
3. Алдошин Н.В. Выбор стратегий формирования вторичного фонда запасных частей / Н.В. Алдошин // Вестник МГАУ. 2015. № 1.
4. Пуховой А.А. Руководство по техническому обслуживанию и ремонту тракторов «БЕЛАРУС» серий 500, 800, 900 / А.А. Пуховой, М.Г. Мелешко, А.И. Бобровник, В.Г. Левков. М.: Машиностроение, 2007. 438 с.

Алдошин Николай Васильевич – д.т.н., заведующий кафедрой «Сельскохозяйственные машины», РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7-903-971-73-27; e-mail: naldoshin@yandex.ru.

Лылин Николай Алексеевич – инженер, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7-903-797-93-40; e-mail: lylin2015@yandex.ru.

Лесконог Юрий Александрович – инженер, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7-925-873-78-88; e-mail: y.leskonog@bk.ru.

Ивлев Александр Александрович – инженер, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7-499-977-24-10, доб. 286; e-mail: cxm.msau@yandex.ru.

Статья поступила 10.06.2015

THE FORMATION OF THE MARKET OF SECONDARY SPARE PARTS

N.V. ALDOSHIN, N.A. LYLIN, YU.A. LESKONOG, A.A. IVLEV

Russian Timiryazev State Agrarian University

The last stage of the life cycle of technical means is its recovery. Recovery results in recycling of not only the materials that make up the technique, but also including its components and parts, with a residual resource. We consider the situation when with disposable equipment the components and parts were dismantled, and passed for further implementation. The extent of disassembly of the equipment may be different varying with the complexity of disassemble operations and financial results. The decision of problems of formation of the secondary market of spare parts can be realized by applying the mathematical apparatus of bimatrix games. This method of calculation allows determining a mutually beneficial solution for the secondary market of spare parts both for subdivisions performing equipment dismantling and troubleshooting and subdivisions responsible for implementation of the secondary spare parts.

The tractor engine D-240 was taken as an example for studying the extent of disassembly and for specification whether it is better to be taken to pieces and realized as separate units or utilized as a whole system. The calculation is made using payment matrices of players «A» and «B». Player «A» is a subdivision disassembling the whole system into parts and components, player «B» is a subdivision that implements the secondary spare parts. The prices for engine parts and components were determined as well as the price for the assembled unit, moreover, the labor input required for dismantling was estimated. The results are presented in a graphical form. The equilibrium situation, i.e. mutually beneficial for both structures, is ensured when the fund of the secondary spare parts amounts to 38...39% of units which can be completely isassembled and 61...62% of units which can be sold as one system. The behavior of players may be different, they may follow their pure strategies, when all the units are either dismantled and sold for parts, or sold as assembled units.

Key words: recycling, dismantling, spare parts, bimatrix games, payment matrix, the equilibrium situation.

References

1. Aldoshin N.V. Secondary use of recyclable products machinery / N.V. Aldoshin // International scientific journal. 2010. № 5. P. 92–97.
2. Aldoshin N.V. Machinery recycling in agriculture: Monograph / N.V. Aldoshin, A.A. Ivlev, Y.A. Leskonog, N.A. Lylin. M.: ООО «УМС «Триад», 2014. 222 p.
3. Aldoshin N.V. Selecting strategies of formation of secondary fund of spare parts / N.V. Aldoshin // Bulletin MSAU. Agroengineering. 2015. № 1.
4. Puhovoy A.A. Guide to maintenance and repair of tractors «BELARUS» series 500, 800, 900 / A.A. Puhovoy, M.G. Meleshko, A.I. Bobrovnik, V.G. Levkov. M.: Mechanical, 2007. 438 p.

Aldoshin Nikolai Vasilievich – Doctor of Engineering Sciences, Head of the Department of Agricultural Machinery, Russian Timiryazev State Agrarian University; 127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel.: +79039717327; e-mail: naldoshin@yandex.ru.

Lylin Nikolai Alekseevich – engineer, Russian Timiryazev State Agrarian University; 127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel.: +79037979340; e-mail: lylin2015@yandex.ru.

Leskonog Yuriy Aleksandrovich – engineer, Russian Timiryazev State Agrarian University; 127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel.: +79258737888; e-mail: y.leskonog@bk.ru.

Ivlev Aleksandr Aleksandrovich – engineer, Russian Timiryazev State Agrarian University; 127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel.: +74999772410, доб. 286; e-mail: cxm.msau@yandex.ru.

Received 10 June 2015

УДК 631.6

А.С. АПАТЕНКО

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева

КОМПЛЕКТОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ МАШИН С УЧЕТОМ ИХ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИИ

Рассмотрены вопросы импортозамещения машин в агропромышленном комплексе РФ. При разработке программ импортозамещения мелиоративных и строительных машин необходимо учитывать затраты на обеспечение их работоспособности. Только работающие машины создают рыночную продукцию, а простои машин по техническим причинам – издержки. Ликвидация этих потерь требует совершенствования системы технической эксплуатации.

Проведен анализ простоев машин. Рассмотрен вопрос снижения эксплуатационных затрат технологических комплексов за счёт учёта неплановых простоев машин.

Оптимизация состава технологических комплексов машин заключается в том, что всем её элементам необходимо придать такое количественное соотношение, чтобы в конкретных условиях эксплуатации машин обеспечивалось выполнение планируемых объёмов работ при минимуме финансовых затрат.

Разработанная методика позволяет повысить эффективность работы технологических комплексов машин за счёт учёта показателей их надёжности. Эксплуатационные затраты снижаются из-за сокращения простоев машин по техническим причинам вследствие планирования вариантов устранения неплановых отказов и проведения корректировки состава комплекса машин.

Представленная методика может быть использована заводами-изготовителями, в том числе при разработке программ импортозамещения машин в АПК Российской Федерации.

Ключевые слова: импортозамещение, технологический комплекс машин, эксплуатационные затраты, неплановые простои, оптимизация, отказ, потери от простоев.

Президент Российской Федерации 3 октября 2014 г. провел совещание с членами Правительства по импортозамещению в промышленности и сельском хозяйстве на 2014–2015 годы. На совещании обсуждались вопросы повышения конкурентоспособности отечественной сельхозтехники [1]. Приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 26 сентября 2014 г. № 1919 «О формировании Перечня технологических направлений по соответствующим государственной

программе Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» (подпрограммам в рамках государственной программы «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности») приоритетным направлениям гражданской промышленности» утвержден перечень технологических направлений, которым предусмотрена разработка и организация производства перспективных машин, в том числе для агропромышленного комплекса. При этом при