

УДК 631.171/173(476)

**МЕТОДОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ  
ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АПК**

**В.Л. Потеха<sup>1</sup>, И.А. Пахомова<sup>2</sup>, А.В. Потеха<sup>1</sup>, Н.Л. Мышковец**

<sup>1</sup> – УО «Гродненский государственный аграрный университет»,  
г. Гродно, Республика Беларусь

<sup>2</sup> – УО «Гродненский государственный университет им. Я. Купаль»,  
г. Гродно, Республика Беларусь

(Поступила в редакцию 01.06.2011 г.)

**Аннотация.** Показано, что для прогнозирования развития технических и технологических систем во всех сферах агропромышленного комплекса (АПК) можно использовать показатель наукоёмкости производимых продуктов, а также используемого производственного или специального оборудования. Предложена математическая модель процесса, обеспечивающая возможность оценки наукоёмкости сложных инновационных продуктов, и на этой основе – прогнозирования перспективных направлений их совершенствования. Приводятся примеры использования математической модели для оценки наукоёмкости сельскохозяйственных машин и роботизированных систем пожарной безопасности.

**Summary.** It is shown that for predicting the development of technical and technological systems in all areas of agro-industrial complex (AIC) can be used

*measure of research intensity of the products manufactured and used by the plant or equipment. A mathematical model of the process, allowing to evaluate a knowledge-intensity of complex innovative products, and on this basis - forecasting future directions of their improvement. Examples of using mathematical models to assess the knowledge-intensity of agricultural machinery and robotic systems fire safety.*

**Введение.** АПК является одним из крупнейших межотраслевых комплексов, объединяющих более десяти отраслей экономики, в той или иной степени участвующих в производстве, хранении и переработке сельскохозяйственной продукции, доведении её до потребителя. В современных условиях роль АПК все более и более возрастает. Во многом это связано с постоянно растущими потребностями населения в качественных и безопасных продуктах питания. Прогнозирование развития АПК в этой связи представляется актуальной задачей. Особенно важным является разработка новых методологических подходов в прогнозировании, обеспечивающих максимально возможную достоверность прогноза развития разнообразных технических и технологических систем. Это подтверждается данными работы [1], в которой отмечается, что «технический потенциал хозяйствующих субъектов АПК отстал от мирового уровня за последние 15...18 лет на 2...3 поколения техники, или, как минимум, на 2 технологических уклада».

К настоящему времени накоплен достаточный опыт и набор инструментов как для долгосрочного, так и краткосрочного прогнозирования, под которым понимают научно обоснованное предсказание наиболее вероятного состояния, тенденций и особенностей развития управляемого объекта в перспективном периоде на основе выявления и правильной оценки устойчивых связей и зависимостей между прошлым, настоящим и будущим [2]. При прогнозировании довольно часто используются сингулярные (экспертные методы, морфологический анализ, матричный метод и др.) и математические (корреляционный и регрессионный анализы, теорию распознавания образов, спектральный анализ и др.) методы [3]. В группе математических методов можно выделить моделирование, значимость которого в настоящее время все более и более возрастает [4-5].

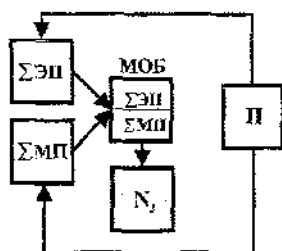
При разработке методологии прогнозирования особую роль играет установление критериев оценки уровня инновационности производимых или используемых продуктов. Существующие критерии, например, представленные в [1], крайне многочисленны, что «связано с необходимостью объективной и комплексной оценки научных исследований и разработок». Это существенно затрудняет как сам процесс отбора критериев, так и непосредственно саму технологию прогнозирования.

**Цель работы:** обосновать и предложить критерий и математическую модель для оценки наукоёмкости инновационных продуктов, обладающую возможностью осуществлять научно обоснованное прогнозирование развития технических и технологических систем в АПК.

**Основная часть (теоретическая).** Анализ существующих методов оценки научной продукции показал, что одним из наиболее перспективных критериев может быть показатель наукоёмкости инновационных продуктов, впервые в отечественных научных изданиях представленный в работе [6, с. 7-8]. Наукоёмкость (называется также удельным информационным показателем) в предложенной модели определяется как отношение цены к массе изделия ( $\$/\text{кг}$ ).

Наши исследования [7-10] показали, что значения наукоёмкости продуктов наглядно демонстрируют эффективность работы предприятий и конкурентоспособности производимой ими продукции.

На рисунке 1 (с учетом данных работы [6]) представлена модель процесса оценки наукоёмкости инновационных продуктов ( $\Pi$ ). При этом получаемое значение показателя наукоёмкости ( $N_2$ ) основывается на данных об общем экономическом показателе продукта ( $\Sigma\Pi$ ), в качестве которого используется его цена и масса продукта ( $\Sigma\Pi$ ). Вычислительные операции реализуются в математическом операционном блоке (МОБ). Так как масса продукта в цитируемой работе не конкретизирована, по умолчанию будем считать, что использована масса нетто.



**Рисунок 1 – Модель процесса оценки наукоёмкости сложного многоэлементного инновационного продукта**

Такая модель может быть эффективно использована для оценки наукоёмкости простых одноэлементных деталей. Для сложных продуктов, например, механизмов, машин или технологических линий, использование модели представляется не столь эффективным. Тем не менее известная модель позволяет рассчитывать наукоёмкость сложных продуктов. Очевидно, что значения наукоёмкости, полученные с использованием известной модели, например, представленной на рисунке 1, могут быть использованы для оценки эффективности работы предприятий и конкурентоспособности производимой ими продукции.

1, могут представлять интерес лишь с точки зрения некоторой предварительной оценки инновационных продуктов. Для их объективной оценки необходимо существенно изменять методологию создания вычислительной модели.

Несмотря на свою прогрессивную роль, предложенная А.И. Свириденком и С.А. Маскевичем в работе [6] модель процесса оценки наукоёмкости имеет ряд недостатков, не позволяющих эффективно использовать её на практике. Во-первых, она не обеспечивает хорошую точность оценки наукоёмкости сложных (многоэлементных) систем (продуктов). Во-вторых, отсутствует возможность определения наиболее «слабых» в плане достигнутого уровня инновационного развития элементов систем и на этой основе предложения наиболее перспективных направлений развития сложных систем.

Главным недостатком известной модели оценки наукоёмкости инновационных продуктов является, как отчасти уже отмечалось, достаточно узкая трактовка самого термина «наукоёмкость». Фактически известная модель предполагает операции над некоторым готовым для практического использования продуктом, имеющим заданные и определяемые его конструкцией и технологией изготовления значения экономического показателя. Существенно расширить трактовку термина «наукоёмкость» и, соответственно, повысить точность оценки рассчитываемого показателя можно путём использования понятия «жизненный цикл» продукта. Имеющиеся публикации, например, [11] показывают, что при этом эффективность создаваемых систем (машин) может быть существенно повышена.

Нами предложена усовершенствованная модель процесса оценки наукоёмкости продуктов (рис. 2). Модель характеризуется тем, что МОБ дополнительно оснащён сумматором и системным блоком жизненного цикла элементов продукта, а в качестве экономического показателя используют сумму издержек на этапах его жизненного цикла.

Модель процесса оценки наукоёмкости сложного инновационного продукта (П), состоящего из нескольких элементов (для примера Э1-Э3), представлена на рис. 2. В состав МОБ дополнительно включён сумматор ( $\Sigma$ ), предназначенный для накопления данных вычислений наукоёмкости по всем элементам ( $n$ ) сложного продукта. Кроме вычислительных функций, сумматор позволяет по результатам поэлементных расчётов выявлять элементы системы, имеющие наиболее низкие значения показателя наукоёмкости. Это, в свою очередь, создаёт предпосылки для определения наиболее перспективных направлений совершенствования сложных систем. Таким образом, модель, представленная на рис. 2, отличается, по сравнению с известной моделью, воз-

возможностью прогнозировать перспективные направления развития сложных систем.

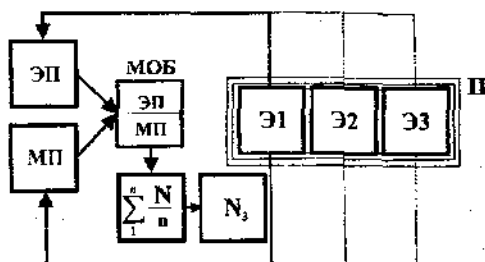


Рисунок 2 – Модель процесса оценки наукоёмкости сложного (многоэлементного) инновационного продукта с одноуровневым сумматором и возможностью реализации функции прогнозирования

В самом общем случае жизненный цикл состоит из определённой последовательности стадий, начинающихся от идеи создания продукта и завершающихся его выведением из эксплуатации – утилизацией. Перечень стадий жизненного цикла во многом зависит от степени их детализации применительно к конкретному виду продукта и особенностям его использования.

Учёт стадий жизненного цикла позволяет существенно повысить точность оценки наукоёмкости продуктов за счёт более полного учёта значений расчётных показателей (ЭП и МП). Полезность такого методологического подхода и предлагаемой модели процесса совершенно очевидны, так как будут способствовать более быстрому и эффективному созданию действительно инновационных продуктов, востребованных обществом.

Для учёта стадий жизненного цикла в конструкцию модели процесса оценки наукоёмкости дополнительно включён системный блок жизненного цикла элементов продукта (на рис. 2, блок выделен сплошной двойной линией, объединяющей элементы Э1-Э3). Это представляется достаточно логичным, так как жизненные циклы отдельных элементов сложного продукта по своему содержанию могут существенно отличаться друг от друга.

Включение в модель системного блока жизненного цикла позволяет всесторонне и аргументировано подойти к созданию инновационных продуктов. Так, практически исключается возможность постановки на массовое производство изделий, у которых величина издержек на стадии их утилизации (выведения из эксплуатации) будет чрезмерно высока по сравнению с тем эффектом, который мог бы быть получен от про-

дукта на стадии эксплуатации. Т.е. наукоёмкость нужно рассматривать более широко, чем это делается сейчас, и относить её не только к готовому продукту, а ко всем этапам его жизненного цикла.

Одновременно возникла необходимость изменить требования, предъявляемые к экономическому показателю, характеризующему продукт – вместо цены продукта предлагается использовать издержки на этапах жизненного цикла продукта.

С использованием предложенной модели наукоёмкость продукта рассчитывают с учётом данных о количестве элементов ( $\Sigma$ ), образующих продукт ( $n$ ); количества стадий жизненного цикла каждого элемента ( $z$ ); массы-нетто элементов, образующих продукт ( $m$ ) и функции изменения издержек элементов продукта  $f_{ij}(t)$  на стадиях их жизненного цикла по формуле:

$$N = \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^z f_{ij}(t)}{m_i}$$

Функция  $f_{ij}(t)$  описывает характер изменения издержек элементов продукта в пределах конкретных этапов их жизненных циклов.

**Результаты расчетов и их обсуждение.** В таблицах 1 и 2 приведены примеры расчёта наукоёмкости продуктов согласно известной (рис. 1) и предлагаемой (рис. 2) модели. Для примеров использованы доступные данные по сельскохозяйственному машиностроению и роботизированным системам пожаротушения, получающим все более широкое применение для защиты объектов культурно-массового назначения и предприятий реального сектора экономики. При расчётах использованы валютные курсы Национального банка РБ по состоянию на 15 апреля 2011 г. и экономические показатели продуктов, представленные в официальных изданиях и на официальных сайтах предприятий – производителей продукции.

Как следует из данных таблицы 1, наукоёмкость сельскохозяйственных машин в целом характеризуется невысокими абсолютными значениями, свойственными продукции отечественного машиностроения [7-9]. При этом в пределах рассматриваемой выборки показатель наукоёмкости изменяется практически в пять раз (от 3,4 до 17,3). Абсолютные значения наукоёмкости рассмотренных сельскохозяйственных машин позволяют сделать вывод о том, что существуют значительные резервы в направлении совершенствования их конструкций.

Таблица 1 – Расчёт наукоёмкости сельскохозяйственных машин (расчетная модель представлена на рис. 1)

Продукт	N <sub>2</sub> , \$US/кг
Пресс-подборщик ПРФ-145	3,4
Плуг ПМ 2-25 (Т-25), Россия	3,7
Комбикормовый цех производ-ть 3 т/ч	5,0
Дробилка молотковая модели ДМ-3,5. Производительность – 3,5 т/ч. ИКБ «ПромСельПроект», Украина.	5,1
Дробилка молотковая модели ДМ-1,5. Производительность 0,35 т соломы в час	6,0
Дробилка молотковая ДМ-1,2. Производительность 0,3 т соломы в час	6,2
Трактор Беларус-320, МТЗ	9,4
Кормоуборочный комбайн Дон-680М, производство Ростсельмаш, Россия	9,9
Косилка-плющилка КПП-3,1 прицепная дисковая с поворотным редуктором. Производство «Бобруйсагро маш»	13,8
Комбайн John Deere 1076. Производство Китай	17,3

В таблице 2 приведены значения наукоёмкости для элементов пожарного робота. Расчеты, произведенные с использованием модели, представленной на рис. 2, показывают, что наибольшие значения наукоёмкости имеют пульт управления ПДУ-П по каналу RS-485, устройство радиоуправления комплексом ЛСДп с подключением по каналу RS-485 и программное обеспечение системы пожаротушения. По своим абсолютным значениям показатели наукоёмкости этих элементов пожарного робота на два-три порядка превосходят значения, характерные для сельскохозяйственных машин.

Таблица 2 – Наукоёмкость основных элементов пожарного робота

Наименование	N <sub>2</sub> , \$US/кг
Пожарный робот с программным управлением с расходом 50 л/с на базе лафетного ствола ГОСТ Р 51115-97 типа ЛСДп-С50У-ИК с ИК-датчиками, с автоматическим обнаружением возгорания, автоматическим пожаротушением	44,6
Дисковый затвор ДЗЗ-80 с электроприводом 24 В	89,3
Устройство сопряжения с комплексным объектом УСО	89,3
Пульт управления ПДУ-П по каналу RS-485	714,3
Блок питания БП-24 1,6 кВт	37,8
Устройство радиоуправления комплексом ЛСДп с подключением по каналу RS-485 включая радиопульт и блок управления	1636,9
ПЭВМ с монитором	407,1
Программное обеспечение*	7143,0

\*-значение МП условно принято равным 0,1 кг.

**Заключение.** Опыт развитых стран подтверждает, что стратегическим направлением развития АПК должна быть инновационная политика. Предложенная модель процесса оценки наукоёмкости инновационных продуктов может позволить выбрать наиболее прогрессивные технико-технологические разработки для их последующего практического использования. Поэлементный анализ наукоёмкости сложных систем позволяет прогнозировать перспективные направления их последующего совершенствования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гусаков В.Г. Методические основы экономической оценки результатов научных исследований и разработок в АПК // Вестн. Национальной академии наук Беларуси, №2, 2008. – С. 5-12.
2. Гмошинский В.Г. и др. Теоретические основы инженерного прогнозирования / В. Г. Гмошинский, Г. И. Флиорент. – М.: Наука, 1973. – 304 с.
3. Рабочая книга по прогнозированию / Редкол.: И. В. Бестужев-Лада (отв. ред.). – М.: Мысль, 1982. – 430 с.
4. Корсмаев В.А. Экономико-математическое моделирование. Моделирование макроэкономических процессов и систем. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 295 с.
5. Бобков С.П. Моделирование систем / С. П. Бобков, Д. О. Бышев; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2008. – 156 с.
6. Свирідёнко А.И., Маскевич С. А. Роль научно-технических инноваций в эпоху глобализации // Наука и инновации в регионах Беларуси: Материалы республик. науч.-практ. конф. – Могилев: ИТМ НАН Беларуси, 2002. – С. 5-17.
7. Пахомова, И.А. Сравнительная оценка наукоёмкости продукции промышленных предприятий Республики Беларусь / И. А. Пахомова // Экономика и менеджмент XXI века: современные методы, формы, технологии: материалы Междунар. науч. конф., Гродно, 17 - 18 апр. 2009 г.: в 2 ч. / Гродн. гос. ун-т; редкол.: Ли Чон Ку [и др.]. – Гродно, 2009. – Ч. 2. – С. 62 – 66.
8. Потеха, В.Л. Наукоёмкость продукции как фактор повышения конкурентоспособности промышленных предприятий Республики Беларусь / В. Л. Потеха, И. А. Пахомова // Конкурентоспособность предприятий и регионов в глобальной экономике: сб. науч. ст. в 2 ч. / ГрГУ им. Я. Купалы; редкол.: Ли Чон Ку [и др.]. – Гродно, 2009. – Ч. 2. – С. 89 – 94.
9. Потеха В.Л., Пахомова И.А. Наукоёмкость и пути повышения конкурентоспособности продукции сельхозмашиностроения Республики Беларусь // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XIV Международной научно-практической конференции. Ч. 2. – Гродно: ИПО ГГАУ, 2011. – С. 327-328.
10. Потеха В.Л., Пахомова И.А. Прогнозирование направлений совершенствования роботизированных систем пожаротушения // Актуальні проблеми технічних та природничих наук у забезпеченні діяльності служби цивільного захисту: тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції (7-8 квітня 2011 року, м. Черкаси). – Черкаси, АГВ ім. Героїв Чорнобиля, 2011. – С. 84-86.
11. Карпунин М.Г. и др. Жизненный цикл и эффективность машин / М.Г. Карпунин, Я.Г. Любвицкий, Б.И. Майданик. – М.: Машиностроение, 1989. – 312.