

УДК 637.028

Е. А. Янец, студентка (БГТУ);**Н. Э. Трусевич**, кандидат экономических наук, доцент (БГТУ)**ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ УПАКОВКИ МОЛОКА**

Статья посвящена выбору наиболее важных показателей технологичности упаковки молока. Технологичность синтезирует свойства конструкции изделия и определяет ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ. При оценке показателей технологичности упаковок для жидких молочных продуктов был выбран метод экспертного опроса. Целью опроса являлся анализ показателей технологичности для трех видов упаковки молока: пор-пак, фин-пак, ПЭТ-бутылки. Для выбора оптимальной упаковки по критериям технологичности был использован экспертный опрос на основе метода парных сравнений.

Article is about choosing the most important indicators of the technological packages of milk. Manufacturability synthesizes the properties of product design and defines it completely adapted to achieve optimal cost in the production, maintenance and repair for a given set of indicators of quality of output and the conditions of work. When evaluating indicators technological packages for liquid dairy products method was chosen expert survey. The purpose of the survey was to analyze the technological indicators for the three types of milk packaging: Pure-Pak, Fin-pack, PET bottles. To select the optimal packing for manufacturability criteria was used to expert survey on the basis of the method of paired comparisons.

Введение. Под технологичностью понимают совокупность свойств конструкции изделия, обеспечивающую минимизацию затрат при его производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ [1].

Современная трактовка технологичности подразумевает наличие конкретного уровня, по отношению к которому можно судить об оптимальности (или не оптимальности) конструкции. Однако она оставляет простор для создания нормативных условий по отдельным показателям, не обязательно привязанных к конкретным изделиям, в некоторых случаях гипотетических, но значительно более адекватно отражающих требования научно-технического прогресса.

На практике изделие может считаться технологичным, если оно удовлетворяет следующим требованиям: в процессе его изготовления обеспечиваются минимально возможные затраты труда, материалов и в конечном итоге минимальная технологическая себестоимость, а в процессе технической подготовки производства обеспечивается минимум затрат на проектирование и переналадку оборудования для выпуска новой продукции.

Реальный уровень технологичности конструкции является компромиссом между желаемым и возможным, поэтому задача обеспечения технологичности изделия может быть решена лишь при условии максимального приближения предлагаемых конструкторско-технологических решений к нормам и принципам, действующим в серийном производстве, к на-

личной технической и технологической базе предприятия-изготовителя с учетом перспектив ее повышения и экономически оправданного перевооружения.

Свойство технологичности имеет диалектический характер, поскольку всякий достигнутый уровень технологичности является в определенной степени разрешением противоречий между наукой и производством. В этой связи понятие технологичности конструкции нельзя рассматривать как нечто неизменное, статичное. Составляющая ее совокупность свойств меняется в зависимости от серийности изделия, парка оборудования, уровня организации производства, квалификации персонала на предприятии и ряда других важных факторов. Таким образом, оптимальное сочетание принимаемых конструктивно-технологических решений с реальными условиями и динамикой развития производства определяют основной круг задач при решении проблемы технологичности [2].

Общая система показателей технологичности упаковки молока. По существу показатели технологичности характеризуют как технику, другими словами выпускаемую продукцию и технологию ее изготовления, так и экономику производства и его организацию, т. е. организационную структуру. Технологичность выступает как барьер для увеличения себестоимости, как фактор, препятствующий увеличению затрат на производство продукции, оптимизирующий данные затраты. В связи с этим система показателей оценки технологичности строится прежде всего на основе учета тех факторов, которые отражают себестоимость

упаковки, т. е. на характеристиках или оценках затрат, которые ее формируют.

Основными компонентами технологичности упаковки являются трудоемкость и материалоемкость. Затраты на заработную плату и используемые материалы велики, их снижение является основной целью обеспечения высокой технологичности. Система показателей технологичности состоит из трех групп: основные, дополнительные и вспомогательные.

Основные показатели комплексно характеризуют технологичность изделия с точки зрения затрат на его производство. К ним относятся трудоемкость, материал- и элементоемкость, технологическая себестоимость.

Дополнительные (оценочные) показатели определяют целесообразность затрат на создание высокой технологичности и степени влияния на производство изготовления технологически обработанного изделия. К ним относятся серийность конструкции изделия, уровень организации производства и труда при его изготовлении.

Вспомогательные (частные) показатели характеризуют одно какое-либо свойство технологичности и являются, как правило, исходной базой для расчета основных и дополнительных показателей. Вспомогательные показатели всегда относительны и в большинстве случаев представляют собой коэффициенты, которые можно разделить на три подгруппы: конструктивные, технологические и комплексные.

Обобщающие показатели технологичности упаковок молока. Все рассматриваемые показатели технологичности взаимосвязаны: экономические показатели зависят от стоимости используемых в изделиях материалов и комплектующих, технология — от объемов производства и производственной структуры, и наконец, все три категории — от трудоемкости изготовления изделия на всех стадиях производственного процесса и т. д.

Очевидно, что только два обобщающих показателя могут в полной мере характеризовать состояние производства или технико-экономический и организационный уровень: стоимость или себестоимость продукции и капитальные единовременные затраты на освоение ее выпуска.

С одной стороны, эти показатели являются исходными показателями экономической эффективности, с другой — аккумулятором свойств, качественно и количественно характеризующих продукцию, достигнутый уровень технологии и в значительной мере производственную структуру, т. е. организацию производства.

Так как показатель себестоимости продукции до недавнего времени не являлся определяющим для анализа работы предприятий, и

его снижение, как правило, не влияло на материальную составляющую, а, скорее, наоборот, то с 1960-х годов для правильного анализа стали искать возможность оценивать предприятия другими показателями, в которых себестоимость и капитальные вложения (или приведенные затраты) не учитывались.

Появились интегрированные и комплексные показатели качества продукции, комплексные показатели технологичности, научно-технических уровней разработок, технико-экономических и организационных уровней предприятий, технического уровня продукции и т. д.

Технологичность изделия прежде всего характеризуется свойствами, на основе которых формируются приведенные затраты. Так как в состав затрат входят себестоимость и капитальные вложения, устанавливают связь показателей технологичности именно с этими экономическими показателями.

Под оценкой технологичности конструкции упаковки (ТКУ) понимают комплекс взаимосвязанных мероприятий, включающий последовательное выявление ТКУ в целом или отдельных рассматриваемых ее свойств, сопоставление выявленных свойств данного изделия со свойствами изделия, конструкция которого принята в качестве базы для сравнения, и представление результатов сопоставления в форме, приемлемой для принятия управленческих решений по совершенствованию конструкции разрабатываемого изделия. Оценка технологичности конструкции упаковки направлена на повышение производительности труда и качества упаковки при снижении затрат времени и средств на разработку, технологическую подготовку производства, изготовление и обращение на всех этапах жизненного цикла [1].

При отработке конструкции на технологичность каждую упаковку следует рассматривать с различных позиций:

- 1) как объект проектирования;
- 2) как объект производства;
- 3) как объект эксплуатации или обращения.

Как объект проектирования каждое изделие в соответствии с ГОСТ 2.103–78 проходит ряд стадий. Специфику каждой стадии проектирования необходимо учитывать при отработке конструкции на технологичность.

При разработке технического задания устанавливают оптимальные базовые показатели технологичности на основе анализа аналогичных конструкций, требований к создаваемой упаковке и результатов научно-исследовательских работ.

На стадии выполнения технического предложения проводят анализ вариантов возможных конструктивных решений. С точки зрения

технологичности конструкции выявляют оптимальный вариант.

При разработке эскизного проекта осуществляют технологическую оценку анализируемых принципиальных конструктивных решений с учетом используемых материалов, габаритных размеров, принятия решения о членении конструкции на составные части, сборки упаковки в процессе упаковывания продукции, технологии транспортировки, складирования, распределения и потребления.

В процессе выполнения технического проекта принимают решения о технологичности конструкции и точности изготовления упаковки и ее составных частей на основе окончательных конструктивных решений и полного представления о функционировании упаковки на всех стадиях ее жизненного цикла.

На стадии выпуска рабочей документации проводимый технологический контроль должен обеспечить заданный уровень технологичности конструкции и точности изготовления упаковки и ее составных частей.

При отработке на технологичность конструкции упаковки как объекта производства необходимо учитывать следующие аспекты:

- 1) виды и методы получения заготовок;
- 2) виды и методы производства тары и упаковки;
- 3) виды и методы сборки тары в процессе упаковывания;
- 4) виды и методы контроля и испытаний;
- 5) возможность использования типовых технологических процессов;
- 6) возможность рационального использования имеющегося оборудования и средств технического оснащения;
- 7) возможность механизации и автоматизации процессов изготовления и технологической подготовки производства;
- 8) требуемую квалификацию рабочих кадров;
- 9) обеспечение требований техники безопасности.

При отработке на технологичность упаковки как объекта эксплуатации или обращения продукции необходимо учитывать следующие качества:

- 1) приспособленность конструкции к автоматизированному заполнению продукцией в фасовочно-упаковочных автоматах и автоматических линиях;
- 2) оптимальность геометрической формы и размеров первичной тары применительно к групповой и транспортной таре;
- 3) удобство транспортирования и хранения;
- 4) удобство при продаже;
- 5) удобство при потреблении;
- 6) экологичность и др.

Основными задачами, решаемыми при отработке конструкций всех видов изделий на технологичность, являются:

- 1) снижение трудоемкости изготовления;
- 2) стандартизация изделий и их составных частей;
- 3) унификация составных частей изделий, предусматривающая использование в конструкции изделия составных частей, освоенных в производстве, а также покупных изделий;
- 4) использование конструкционных материалов;
- 5) единообразие элементов конструкций деталей.

Основные показатели технологичности упаковки молока. Группа основных показателей технологичности является обязательной для оценки не только изделия в целом, но и его составных частей.

В основе определения трудоемкости изделий для оценки технологичности лежит сравнительный анализ вариантов конструкций. При этом необходимо соблюдать следующее: предполагаемые (или существующие) организационно-технические условия изготовления сравнительных изделий должны быть одинаковы (или приведены к одному уровню); технологические процессы изготовления должны быть в равной степени прогрессивными; значение трудоемкости следует определять одним и тем же методом при одинаковой погрешности.

При оценке технологичности конструкций изделий наибольшее значение и распространение имеет технологическая трудоемкость, под которой понимают затраты труда основных производственных рабочих, непосредственно выполняющих технологические процессы. На практике широко используются следующие разновидности технологической трудоемкости:

- нормированная трудоемкость, которая представляет собой нормируемые затраты труда на изготовление единицы изделия, устанавливаемые по действующим нормам времени (выработки) и нормам обслуживания в соответствии с утвержденным технологическим процессом. При этом массив действующих норм времени (выработки) на предприятии складывается в основном из двух составляющих: технически обоснованных и опытно-статистических норм;
- отчетная трудоемкость, которая характеризует технологическую трудоемкость, достигнутую в прошлом (отчетном) периоде;
- плановая трудоемкость, т. е. технологическая трудоемкость, которая должна быть достигнута к запланированному сроку;
- нормативная трудоемкость, которая характеризующая среднепрогрессивные затраты труда на изготовление изделия с учетом опти-

мальной программы выпуска, наивысшего уровня технологии, технологической оснащенности предприятий, организации производства и труда;

– проектная трудоемкость, которая устанавливается с учетом запланированных объектов выпуска и условий данного производства, внедрения предусмотренных проектом технологических процессов, оборудования и средств оснащения, форм организации труда и производства, обеспечивающих достижение заданной производительности труда.

Необходимость определения трудоемкости изготовления изделия для оценки технологичности конструкции возникает уже на ранних стадиях его разработки и продолжает иметь место на последующих. На стадиях проектирования изделия в большинстве случаев не разрабатывают в полном объеме технологические процессы изготовления, поэтому трудоемкость на этих стадиях устанавливают различными укрупненными способами. От степени объективности определения трудоемкости в значительной степени зависит оценка технологичности, а также ряд важнейших показателей: ожидаемая себестоимость изделия, его проектная цена, экономическая эффективность разработки, амортизационные отчисления, смета годовых расходов и т. п.

Показатель трудоемкости всегда динамичен и должен отражать процесс освоения новой техники от изготовления опытного образца до установившегося производства. Характер изменения трудоемкости описывается «кривыми освоения» и в общем случае может выражаться уравнением [2]

$$T_p = T_1 \rho^{-\beta}, \quad (1)$$

где T_p — трудоемкость p -го экземпляра изделия; T_1 — трудоемкость первого экземпляра изделия; β — показатель степени (на практике $\beta = 0,27-0,39$).

На участке кривой $\rho_1 < \rho_{кр}$, т. е. при выпуске первых экземпляров изделий, трудоемкость снижается интенсивно, так как изделие, являясь новым для производства, обладает значительным «запасом» трудоемкости (основные усилия предприятия направляются на освоение новых, ранее не применявшихся методов и средств изготовления). На участке кривой при значении более $\rho_{кр}$ темпы снижения трудоемкости стабилизируются, указывая на момент утраты новизны применяемых методов и средств изготовления, т. е. на практическое освоение производства изделия.

В практике разработки определение укрупненных трудозатрат, как правило, связано не только с расчетом трудоемкости изготовления опытного образца, но и с расчетом трудоемкости на момент освоения изделия в производстве $T_{осв.}$

Допустимые погрешности в определении трудоемкости зависят от предполагаемого типа производства и имеют следующие значения: при массовом типе производства $\pm 10\%$; при крупносерийном типе производства $\pm 15\%$; при среднесерийном типе производства $\pm 20\%$ [3].

Среди множества методов укрупненного расчета трудоемкости наибольшее распространение получили: а) метод регрессионного анализа; б) методы, основанные на анализе трудоемкости изготовления изделий-аналогов; в) метод учета «кривой освоения» трудоемкости.

Для оценки технологичности материалоемкость и элементоемкость изделий имеют существенное значение не в силу того, что при производстве используются большие массы материалов, а в силу их огромного разнообразия и порой весьма значительной стоимости. Вряд ли можно найти материал, который бы так или иначе не использовался в процессе производства упаковки, что чрезвычайно усложняет кооперационные связи с поставщиками. Им, как правило, невыгодно создавать небольшие партии (объемы) дефицитного материала. Сегодня, к сожалению, одним из важнейших показателей технологичности мы вынуждены считать показатель дефицитности материала или комплектуемого изделия.

Очевидно, для каждого конкретного изделия на конкретном предприятии должна учитываться специфика кооперационных связей, а ведомость материалов и комплектующих строго согласовываться с отделом материально-технического снабжения.

Материалоемкость изделия как показатель технологичности характеризует количество и стоимость материальных ресурсов, необходимых для создания одного изделия, рациональность использования их в процессе производства, а также дает сравнительную оценку снижения или увеличения материалоемкости по отношению к базовому изделию.

Для изделий в целом материалоемкость определяется абсолютным значением массы изделия, запускаемого в серию, и стоимостью всех материалов, которые пошли на его изготовление (включая стоимость технологических отходов). Характеристику материалоемкости и рационального использования материалов дает ряд частных, вспомогательных показателей, которые целесообразно определять при сравнении технологичности запускаемого в серию изделия с предшествующей моделью того же назначения. В данном случае отпадает необходимость устанавливать базовый вариант, мировой стандарт или аналог, что не только затруднительно, но порой и не оправдано. Сравнение с предшествующей или выпускаемой моделью

отражает реальное изменение технологичности в конкретных условиях производства, что и требуется от системы показателей.

Элементоемкость определяется абсолютным значением стоимости покупных изделий для изготовления продукции и коэффициентами, характеризующими изменение этой стоимости. В качестве частных показателей выступают различные коэффициенты, определяющие унифицированность конструктивных решений.

Планирование себестоимости продукции на предприятиях осуществляется на основе отраслевых инструкций, разработанных в соответствии с положениями и методическими материалами по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции на промышленных предприятиях.

Себестоимость складывается из затрат, связанных с использованием в процессе производства продукции, сырья, материалов, покупных изделий, топлива, энергии, труда и основных фондов, а также других затрат на ее производство и реализацию. В себестоимость продукции входят:

1) затраты, непосредственно связанные с производством продукции, обусловленные технологией и организацией производства, включая расходы на управление;

2) затраты, связанные с совершенствованием технологии и организации производства, осуществляемым в ходе производственного процесса (кроме затрат, производимых за счет капитальных вложений), а также связанные с улучшением качества продукции, повышением ее надежности, долговечности и других эксплуатационных свойств;

3) затраты на улучшение условий труда и техники безопасности, повышение квалификации работников производства;

4) транспортно-заготовительные расходы;

5) расходы на приобретение и освоение новых средств производства;

6) расходы на подготовку и освоение производства новых видов продукции;

7) затраты на воспроизводство и капитальный ремонт основных фондов (включается в себестоимость продукции в форме амортизационных отчислений от стоимости основных фондов, производимых по установленным нормам).

Технологическая себестоимость составляет большую часть стоимости изделий и практически служит для анализа технологичности. Расходы по п. 2, 3, 5, 6 также участвуют в формировании технологической себестоимости и характеризуют технологичность. Остальные расходы косвенно влияют на показатели технологичности.

Технологическая себестоимость прежде всего характеризует затраты всех видов ре-

сурсов в условиях серийного производства изделий (затраты в сфере эксплуатации не рассматриваются, так как должны рассчитываться при оценке ремонтпригодности и сохранности изделия).

В общем виде технологическую, или производственную, себестоимость в период серийного выпуска изделия находят по формуле [2]

$$C_T = C_M + C_{п.и} + C_3 + C_0 + C_{с.и} + C_6 + C_{пр} + C_{об} + C_{ц} + C_{з.р}, \quad (2)$$

где C_M — стоимость материалов; $C_{п.и}$ — стоимость покупных изделий; C_3 — основная производственная зарплата; C_0 — затраты на освоение прибора; $C_{с.и}$ — затраты на специальный инструмент и приспособления; C_6 — потери от брака; $C_{пр}$ — прочие производственные расходы; $C_{об}$ — расходы по содержанию и эксплуатации оборудования; $C_{ц}$ — цеховые расходы; $C_{з.р}$ — общезаводские расходы.

В период освоения изделия производством, когда информация о трудоемкости, материало- и элементоемкости весьма приближительна, технологическую себестоимость можно определять, исходя из себестоимости предшествующей модели и прироста (сокращения) значений выходных параметров прибора. Если конечным результатом исследований и опытно-конструкторских разработок является опытный образец, имеющий главный технический параметр Π , то C_T может быть выражена как

$$C_T = f(C_T, \Pi) \quad \text{или} \quad C_T = \alpha \Pi, \quad (3)$$

где C_T — технологическая себестоимость предыдущей модели; α — коэффициент приведения.

Если себестоимость зависит от ряда параметров, то может быть использована более сложная зависимость:

$$C_T = \alpha_1 \Pi_1^{x_1} + \alpha_2 \Pi_2^{x_2} + \dots + \alpha_n \Pi_n^{x_n}, \quad (4)$$

где x_1, x_2, \dots, x_n — значимости параметров в увеличении (снижении) себестоимости.

Существенное влияние на технологическую себестоимость и вместе с тем на основу технологичности оказывает механизация и автоматизация производства. При этом, как правило, доля материалов и комплектующих изделий в себестоимости возрастает, а доля заработной платы и цеховых расходов снижается, уменьшается доля потерь от брака. Современные средства автоматизации весьма дороги и существенно увеличивают расходы на амортизацию, а значит, приводят к увеличению себестоимости продукции.

Механизация и автоматизация процессов изготовления упаковки непосредственно связа-

на с совершенствованием ее конструкции, которая должна максимально соответствовать возможностям использования автоматических средств производства.

Как было изложено выше, на снижение себестоимости упаковки в большой степени влияют объемы ее выпуска. В связи с этим поиск новых, более дешевых и эффективных материалов является весьма насущной задачей повышения технологичности упаковки.

Выбор материала регламентируется следующей зависимостью [2]:

$$\begin{aligned} C_T^A &= Q_A S^A + C_3^A (1 + \omega_A); \\ C_T^B &= Q_B S^B + C_3^B (1 + \omega_B), \end{aligned} \quad (5)$$

где C_T^A , C_T^B — технологическая себестоимость изготовления деталей из материалов А и Б соответственно; Q_A , Q_B — нормы расходов материалов; S^A , S^B — оптовые цены материалов; C_3^A , C_3^B — заработная плата на изготовление; ω_A , ω_B — коэффициенты, характеризующие суммы цеховых и общезаводских расходов при изготовлении деталей из материалов А и Б.

При оценке технологичности иногда возникает вопрос о целесообразности и эффективности использования в упаковке новых, только что осваиваемых в производстве материалов. Чтобы такой материал был рентабельным, должно соблюдаться условие

$$S_{н.м} < \frac{C_T - q}{Q_{н.м}}, \quad (6)$$

где $S_{н.м}$ — оптовая цена нового материала; C_T — себестоимость изделия с использованием старого (освоенного) материала; q — прочие расходы на изготовление приборов, не зависящие от цены нового материала; $Q_{н.м}$ — норма расходов нового материала на одно изделие.

Для снижения технологической себестоимости упаковки необходимо уменьшение цеховых и общезаводских расходов, которые могут составлять в ней значительную (до 30%) долю. Пути реализации этой задачи — сокращение управленческих затрат, потерь от брака, внедрение научной организации труда.

При оценке показателей технологичности упаковок для жидких молочных продуктов использовались следующие критерии:

- 1) унификация и стандартизация конструкции;
- 2) уровень организации производства и труда;
- 3) автоматизация и механизация технологических процессов контроля;
- 4) серийность конструкции;
- 5) технологическая себестоимость;
- 6) материалоемкость изделия;

- 7) использование сырья и материалов;
- 8) трудоемкость изготовления изделия;
- 9) применяемость типовых процессов;
- 10) непрерывность технологического процесса;
- 11) производительность процесса;
- 12) соблюдение установленных сроков изготовления;
- 13) затраты рабочего времени;
- 14) соответствие технологии упаковывания;
- 15) энергоемкость.

Проведение экспертного опроса. Для оценки показателей технологичности упаковки молока экспертный опрос проводился на ОАО «Лидский молочно-консервный комбинат» и на кафедре полиграфических производств технологического университета. Опрос включал 15 показателей технологичности упаковки. В процессе опроса список ранжировался по степени значимости показателя технологичности. Целью опроса являлся детальный анализ показателей технологичности изготовления упаковки и непосредственно процесса упаковки.

Поскольку респонденты могли присваивать разным показателям одинаковый ранг, то для обеспечения возможности применения метода объектам необходимо было присвоить нормированные ранги.

По значениям сумм нормированных ранговых чисел для каждого объекта была определена ранжированная последовательность показателей технологичности.

Таким образом, наиболее значимыми при изготовлении упаковки пюр-пак являются четвертый и первый показатели технологичности (серийность конструкции, ее унификация и стандартизация). При изготовлении упаковки фин-пак наиболее значимыми показателями технологичности являются технологическая себестоимость и материалоемкость изделия. А при изготовлении ПЭТ-бутылок наиболее значимым показателем технологичности является трудоемкость изготовления изделия.

Степень согласованности мнения экспертов оценивается с помощью коэффициента конкордации Кендалла, который рассчитывается по формуле [4]

$$W = \frac{12s}{m^2(n^3 - n) - b}, \quad (7)$$

где m — число экспертов; n — число критериев. Величина s рассчитывается по формуле [4]

$$s = \sum_{j=1}^n \left[\sum_{i=1}^m u_{ij} - \frac{1}{2}(n+1) \right]^2, \quad (8)$$

где u_{ij} — значение нормированного ранга j -го объекта, соответствующее i -му эксперту.

Величина b рассчитывается по формуле [4]

$$b = m \sum_{i=1}^m T_i, \quad (9)$$

где T_i — число повторений j -го ранга в i -й строке. Значение коэффициента конкордации Кендалла W , рассчитанное по формуле (7) для первого варианта, где рассматривается упаковка пюр-пак, составляет 0,55; для варианта с упаковкой фин-пак $W = 0,75$; для варианта с ПЭТ-бутылкой $W = 0,95$.

Для выбора оптимальной упаковки по критериям технологичности целесообразно применять экспертный опрос на основе метода парных сравнений, который представляет собой качественную оценку различных вариантов. В соответствии с выбранными критериями оптимальности (серийность конструкции, технологическая себестоимость и трудоемкость изготовления изделия) производится сравнение нескольких перспективных упаковок, пригодных для выпуска продукции предприятия, и выбирается вариант, по мнению экспертов, в наибольшей степени отвечающий выбранным критериям.

При реализации этого метода каждым из m экспертов заполняется матрица размером $n \times n$, где n — количество технологических вариантов, предложенных экспертам для попарного сопоставления. Элемент матрицы M_{ij} имеет значение 1, если вариант V_i (в строке) лучше варианта V_j (в столбце); в противном случае ячейке присваивается значение 0. Далее составляется общая матрица путем сложения соответствующих элементов матриц всех экспертов, а после этого производится поэлементное суммирование строк общей матрицы. Предпочтительным является тот технологический вариант, для которого полученная сумма максимальна [4].

Для выбора оптимального вида упаковки можно предложить следующие варианты упаковок: V_1 — пюр-пак; V_2 — фин-пак; V_3 — ПЭТ-бутылка.

В опросе участвуют 5 экспертов, оценивающих 3 варианта технологии по критерию «серийность конструкции». Результаты опроса экспертов были приведены в виде матриц.

Из сумм строк матрицы получается последовательность, ранжированная по величине суммы по строке, при этом первый ранг присваивается лучшему варианту технологии (с максимальным значением суммы). Таким образом, по мнению респондентов, наилучшим вариантом с учетом критериев оптимальности является упаковка фин-пак.

Расчет степени согласованности мнений экспертов производится по формулам [46]:

$$V = \frac{4Q}{mn(m-1)(n-1)}; \quad (10)$$

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}^2 - m \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij} + \frac{n(n-1)}{2} \frac{m(m-1)}{2}, \quad (11)$$

где b_{ij} — элемент, показывающий, как часто объект j предпочитался объекту i экспертами.

Сумма элементов b_{ij} , расположенных выше диагонали (11), $Q = 20$. Тогда степень согласованности мнений экспертов (10) $V = 0,667$.

Следовательно, мнения респондентов согласованы на 66,7%. Оптимальной для производства по критерию «серийность конструкции» будет являться упаковка фин-пак, далее пюр-пак и менее ПЭТ-бутылка.

В следующем опросе участвовали 5 экспертов, оценивающих 3 варианта технологии по критерию оптимальности «технологическая себестоимость». Результаты опроса экспертов были приведены в виде матриц.

Из сумм строк матрицы получается последовательность, ранжированная по величине суммы по строке, при этом первый ранг присваивается лучшему варианту технологии (с максимальным значением суммы). Таким образом, по мнению респондентов, наилучшим вариантом с учетом критериев оптимальности является упаковка фин-пак.

Сумма элементов b_{ij} , расположенных выше диагонали (11), $Q = 22$. Тогда степень согласованности мнений экспертов (10) $V = 0,733$.

Следовательно, мнения респондентов согласованы на 73,3%. Оптимальной для производства по критерию «технологическая себестоимость» будет являться упаковка фин-пак, далее пюр-пак и менее ПЭТ-бутылка.

В следующем опросе участвовали 5 экспертов, оценивающих 3 варианта технологии по критерию оптимальности «трудоемкость изготовления изделия». Результаты опроса экспертов были приведены в виде матриц.

Из сумм строк матрицы получается последовательность, ранжированная по величине суммы по строке, при этом первый ранг присваивается лучшему варианту технологии (с максимальным значением суммы). Таким образом, по мнению респондентов, наилучшим вариантом с учетом показателей оптимальности является упаковка фин-пак.

Сумма элементов b_{ij} , расположенных выше диагонали (11), $Q = 20$. Тогда степень согласованности мнений экспертов (10) $V = 0,667$.

Следовательно, мнения респондентов согласованы на 66,7%. Оптимальной для производства по критерию «трудоемкость изготовления изделия» будет являться упаковка фин-пак, далее ПЭТ-бутылка и менее пюр-пак.

Таким образом, наиболее оптимальной упаковкой по выбранным критериям технологичности является упаковка фин-пак. Согласованность в каждом опросе составила более 50%.

Заключение. Наилучшим показателем технологичности для упаковки пюр-пак является серийность конструкции, для упаковки фин-пак — технологическая себестоимость, для ПЭТ-бутылок — трудоемкость изготовления изделия.

Наиболее оптимальной по трем показателям технологичности является упаковка фин-пак.

На втором месте находятся упаковка пюр-пак и ПЭТ-бутылка по критериям «технологич-

ческая себестоимость» и «трудоемкость изготовления изделия» соответственно.

Литература

1. Амиров Ю. Д. Технологичность конструкций машин как фактор повышения эффективности общественного производства / Ю. Д. Амиров // Вестник машиностроения. 1982. № 3. С. 70–72.

2. Войчинский А. М., Янсон Э. Ж. Технологичность изделий в приборостроении // Ленинград: Машиностроение, 1988. 232 с.

3. Гжиров Р. И. Краткий справочник конструктора. Ленинград: Машиностроение, 1983. 464 с.

4. Левин Ю. С., Матвеев П. А., МAUDРИХ К. Д. // Производственные процессы в полиграфии: проектирование и расчет. М.: Книга, 1985. 320 с.

Поступила 28.03.2014