

DOI: 10.18721/JE.10315
УДК 658.5

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

А.А. Смирнов, Н.А. Кремлёва

Вологодский государственный университет, г. Вологда, Российская Федерация

Актуальность темы исследования обоснована тем, что управленческие решения менеджеров машиностроительного предприятия влияют на поток создания ценности продукции для потребителя, результаты которых отражаются на параметрах операционного цикла производственно-технологической системы. Организация раскроя листового металла на машиностроительных предприятиях включает множество процессов, связанных с бережливым производством, которое направлено на устранение возникающих потерь в потоках создания ценности продукции. Цель исследования – разработка теоретических положений и практических рекомендаций организации рационального раскроя листового металла с учетом деловых материальных ресурсов в условиях машиностроительного предприятия с единичным или мелкосерийным типом производства, позволяющих за счет увеличения коэффициента использования листового металла оптимизировать структуру технологических затрат на производство продукции. На основе анализа раскроя, технологических особенностей методов резки листового металла на машиностроительном предприятии разработана схема процесса раскроя и систематизированы технологические аспекты, влияющие на проектирование карт раскроя листового металла. Предложено рассматривать процесс раскроя листового металла как многоуровневую систему раскроя. Данный подход позволит организовывать комплексное проектирование карт раскроя и осуществлять оценку изменения рыночной стоимости материальных ресурсов листового металла после раскроя. В целях принятия обоснованного оперативного решения менеджерами предприятия об отнесении материального ресурса листового металла к группе деловых или неделовых материальных ресурсов разработаны логические принципы алгоритма оценки и идентификации. Это позволит увеличить конкурентные преимущества продукции за счет сокращения потерь при организации раскроя листового металла – затрат на хранение и транспортировку неделовых материальных ресурсов, удельных затрат на листовую металл. В дальнейших исследованиях необходимо разработать методику и алгоритм оценки и идентификации материальных ресурсов листового металла, полученных после раскроя, методику оценки рыночной стоимости материального ресурса n -го уровня, рекомендации по организации управленческого учета и хранения деловых материальных ресурсов.

Ключевые слова: бережливое производство; конверсия; производственно-технологическая система; раскрой листового металла; многоуровневый раскрой; материальный ресурс n -го уровня; деловой материальный ресурс; коэффициент использования листового металла; материальные затраты

Ссылка при цитировании: Смирнов А.А., Кремлёва Н.А. Организационно-экономические аспекты бережливого производства на машиностроительном предприятии // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2017. Т. 10, № 3. С. 171–182. DOI: 10.18721/JE.10315

ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC ASPECTS OF LEAN PRODUCTION AT THE ENGINEERING ENTERPRISE

A.A. Smirnov, N.A. Kremlyova

Vologda State University. Vologda. Russian Federation

The relevance of the research subject is justified by the fact that the managerial decisions of the engineering enterprise managers have an effect on the flow of creating value for the consumer, the results of which are reflected in the parameters of the operational

cycle of the manufacturing-technological system. The organization of sheet metal cutting at engineering enterprises includes many processes associated with lean production, which is aimed at eliminating the losses in the value creation flows. Therefore, the purpose of the study is to develop theoretical provisions and practical recommendations for the organization of sheet metal rational cutting, taking into account business material resources, at an engineering enterprise with a single or small-scale production type, which optimizes the structure of technological costs for production by increasing the sheet metal utilization rate. Based on the analysis of sheet metal cutting, analysis of technological features of sheet metal cutting methods at a small engineering enterprise, a diagram of cutting process has been developed and technological aspects affecting the design of sheet metal cutting charts have been systematized. The authors proposed to consider the cutting sheet metal process as a multilevel cutting system. This approach will allow to organize complex designing of cutting charts and to carry out an assessment of the changes in the market value of sheet metal material resources after cutting. In order to make a reasonable operational decision by the enterprise's managers on determining sheet metal material resource to a group of business or non-business resources, the logical principles of the algorithm for evaluating and identifying have been developed. This will increase the competitive advantages of products by reducing losses in the organization of cutting sheet metal: the cost of storing and transporting non-business material resources, unit costs for sheet metal. In further research it is necessary to develop a methodology and an algorithm for evaluating and identifying the sheet metal material resources obtained after cutting, the methodology evaluating the market value of n th level material resource, recommendations for organizing management accounting and storing business material resources.

Keywords: lean production; conversion; manufacturing-technological system; sheet metal cutting; multilevel cutting; n -th level material resource; business material resource; utilization rate of sheet metal; material costs

Citation: A.A. Smirnov, N.A. Kremlyova, Organizational and economic aspects of lean production at the engineering enterprise, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 10 (3) (2017) 171–182. DOI: 10.18721/JE.10315

Введение. В инновационной рыночной экономике деятельность предприятия можно рассмотреть как процесс конверсии (от латинского *conversio* – обращение, превращение, изменение) производственного капитала в денежный капитал в форме объема реализованной продукции. В ходе конверсии, с точки зрения концепции бережливого производства, предприятие рассматривается как совокупность потоков создания ценности производимой продукции, в которых действия менеджеров направлены на непрерывное совершенствование процессов организации и устранение возникающих потерь.

Организация управленческого учета в инженерном бизнесе позволяет обоснованно и оперативно управлять основными параметрами операционного цикла производственно-технологической системы (ПТС) на основе трансферта затрат и потребительских свойств продукции по центрам финансовой ответственности. На основе этого менеджеры предприятия обеспечивают формирование необходимых потребительских свойств реализуемой продукции и получение чистого дохода не за счет увеличения объема производства [1–4].

При организации раскроя листового металла на машиностроительном предприятии перед менеджерами стоит задача увеличения коэффициента использования листового металла с целью снижения технологических затрат, увеличения объема производства и реализации продукции, что является частью организации бережливого производства. Проведенный анализ затрат на производство продукции и процесса раскроя листового металла малых машиностроительных предприятий г. Вологды с единичным и мелкосерийным типом производства емкостного оборудования показал:

- процент затрат на нержавеющий листовый металл в материальных затратах составляет около 70 %;
- коэффициент использования листового металла составляет примерно 0,8;
- организовано разрозненное проектирование карт раскроя листового металла для соответствующей продукции. Это отражается на снижении коэффициента использования листового металла, так как чем больше ассортимента заготовок участвует в проектировании карт раскроя, тем больше возможность

наиболее оптимально расположить заготовки на заданной области материального ресурса;

- раскрой листового металла ведется на основе эмпирического восприятия сотрудника предприятия, ответственного за данную операцию. Алгоритм раскроя не определен руководящим документом, отсутствует необходимое программное обеспечение;
- не применяется обоснованный алгоритм к сортировке материальных ресурсов листового металла после раскроя на деловые и неделовые.

Выделенные организационно-экономические аспекты являются актуальными, так как управленческие решения менеджеров предприятия в рамках организации раскроя листового металла влияют на процесс конверсии производственного капитала в денежный капитал в форме объема реализованной продукции [5].

В качестве объекта исследования выбран процесс производства продукции из листового металла в условиях машиностроительного предприятия с единичным или мелкосерийным типом производства. Предмет исследования – организационно-экономические аспекты раскроя листового металла. Цель исследования – разработать теоретические положения и практические рекомендации организации рационального раскроя листового металла с учетом деловых материальных ресурсов в условиях машиностроительного предприятия с единичным или мелкосерийным типом производства, позволяющих за счет увеличения коэффициента использования листового металла оптимизировать структуру технологических затрат.

Методика исследования. Методологической базой исследования выбрана концепция бережливого производства, которая в соответствии с ГОСТ Р 56020–2014 «Бережливое производство. Термины и определения» ориентирована на формирование непрерывного потока создания ценности для потребителя, постоянное совершенствование процессов организации через вовлечение персонала и устранение всех видов потерь. В рамках исследования рассматриваются организационно-экономические аспекты бережливого производства, связанные с сокращением потерь при организации раскроя листового металла:

- сокращение удельных затрат на листовую металл за счет использования деловых материальных ресурсов;
- сокращение затрат на хранение и транспортировку неделовых материальных ресурсов при принятии обоснованных решений менеджерами предприятия при идентификации материальных ресурсов, полученных после раскроя;
- снижение временных затрат на поиск необходимых материальных ресурсов при организации раскроя листового металла с учетом деловых материальных ресурсов.

Для исследования операционных затрат предприятия выбран метод операционного цикла конверсии производственного капитала в производственно-технологической системе, который разработан и опубликован профессором А.Н. Шичковым [2]. Данный метод основан на определении и оценке основных параметров операционного цикла ПТС производственных предприятий и построении математических зависимостей между параметрами, на основе которых осуществляется проектирование инженерного бизнеса, инвестиционных и инновационных проектов [6–8].

Использованы общенаучные методы исследования:

- анализ. Проведен анализ процесса раскроя листового металла на машиностроительном предприятии, исследований в области организации рационального раскроя, технологических аспектов раскроя, которые необходимо учитывать при проектировании карт раскроя;
- синтез. Проведен синтез логических принципов алгоритма оценки и идентификации материальных ресурсов листового металла после раскроя с точки зрения технологической возможности и экономической эффективности производства из них продукции;
- формализация. С помощью метода UML формализован процесс организации раскроя листового металла, процесс идентификации материальных ресурсов листового металла после раскроя на деловые и неделовые.

Результаты исследования. Рассмотрен процесс организации раскроя листового металла. Для наглядного представления с помощью метода UML построена схема процесса (рис. 1), на которой отражены основные участники.

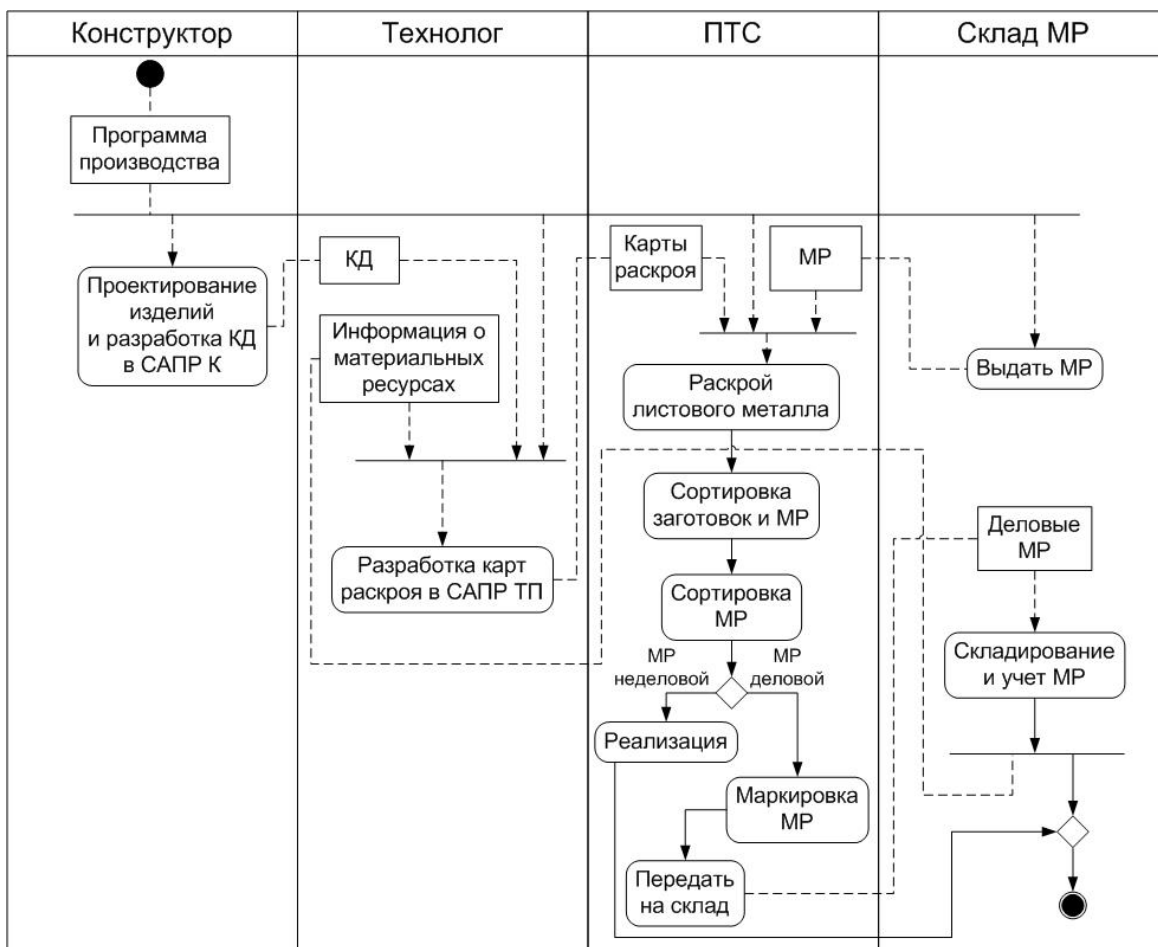


Рис. 1. Процесс организации раскроя листового металла
 Fig. 1. Process of sheet metal cutting organization

На основе программы производства и реализации продукции на заданный период времени конструктор осуществляет в САПР К проектирование изделий и разработку конструкторской документации (КД). На основании КД и информации о материальных ресурсах (MP) листового металла на складах технолог разрабатывает карты раскроя. В ПТС осуществляется раскрой листового металла на соответствующем оборудовании, сортировка материальных ресурсов листового металла после раскроя на деловые и неделовые, маркировка деловых материальных ресурсов и передача их на склад MP. На складе MP осуществляется складирование деловых материальных ресурсов с целью использования их в дальнейшем производстве продукции и пополнение базы данных о имеющихся материальных ресурсах.

Можно выделить два основных подхода к увеличению коэффициента использования

листового металла: рациональный раскрой исходного листового металла и организацию раскроя с учетом материальных ресурсов листового металла, полученных после раскроя из сортового проката.

Вопросы рационального раскроя промышленных материалов рассмотрены в трудах отечественных и зарубежных исследователей [9–15]:

- Л.В. Канторович, В.А. Залгаллер – разработанные методы рационального раскроя, прошедшие практическую апробацию на Ленинградском вагоностроительном заводе в 1948–1949 гг., исследователи описали в книге «Рациональный раскрой промышленных материалов»;
- Э.А. Мухачева – «Рациональный раскрой промышленных материалов. Применение АСУ» (1984 г.). Автором предложен для гильотинного раскроя сеточный метод генерирования раскроев с максимальной оценкой, считающий полную таблицу индексов. Под руководством

Э.А. Мухачевой в 1960-х гг. рассматривались вопросы освоения ЭВМ для решения задач массового раскроя. Исследования легли в основу уфимской научной школы;

– классификация задач раскроя-упаковки Дикхофа (1990 г.);

– ESICUP – Euro Special Interest Group on Cutting and Packing (Европейская специальная группа по задачам в области раскроя-упаковки), основана в 1988 г.;

– отечественные исследователи: Ю.И. Валиахметова, А.Ф. Валеева, В.М. Картак, И.В. Романовский, А.С. Филиппова, А.А. Петунин, Ю.Г. Стоян, С.В. Яковлев и др.

Проведенный анализ научных работ выявил разработанные учеными математические методы и подходы к организации рационального раскроя промышленных материалов с точки зрения оптимального расположения заготовок на заданном материальном ресурсе и оптимального выбора материального ресурса для изготовления из него заготовок, что обеспечивает увеличение коэффициента использования материала, изменение параметров ПТС (снижение удельных материальных затрат).

Анализ материалов по технологическим особенностям методов резки листового ме-

талла [16], разработанная схема маршрутного технологического процесса производства цистерны для транспортировки воды на машиностроительном предприятии позволили систематизировать ключевые технологические аспекты, оказывающие влияние на разработку карты раскроя (табл. 1).

Авторами данной статьи предлагается рассмотреть раскрой листового металла как многоуровневую систему раскроя. Данный подход позволит организовывать комплексное проектирование карт раскроя и осуществлять оценку изменения рыночной стоимости материальных ресурсов листового металла после раскроя для организации трансферта затрат и потребительских свойств переделов.

В целях рассмотрения процесса раскроя как системы материальных ресурсов, имеющих различные значения характеризующих их показателей (например, площадь, длина, ширина, толщина, марка стали), целесообразно ввести понятие «многоуровневый раскрой листового металла» – раскрой, в котором в качестве материального ресурса выступает материальный ресурс 0-го или n -го уровня (где n – натуральные числа от 1 до бесконечности).

Таблица 1

Влияние методов резки на проектирование карт раскроя
Influence of cutting methods on the design of cutting charts

Метод резки	Технологические аспекты, влияющие на проектирование карт раскроя
Гильотинная резка	Возможность получения заготовок только прямолинейной формы. Ограничение по толщине резки. Разрез идет поперек всего листа, поэтому область детали не должна находиться на линии разделения листового металла. Механическая резка без образования стружки, что не требует учета ширины реза. При резке возникает изменение формы кромок заготовки, поэтому при составлении карт раскроя на соответствующих производствах необходимо учитывать дополнительные операции на обработку кромок
Тепловые методы резки	Отсутствует ограничение на получение заготовок сложных форм. В рамках рассматриваемого производства ограничение по толщине резки несущественно. Возникает тепловое воздействие, что способствует оплавлению кромок заготовки. Необходимо учитывать припуски на дальнейшую обработку кромок. В процессе резки металл проплавляется или выжигается, поэтому при составлении карты раскроя необходимо учитывать ширину реза
Гидроабразивная резка	Отсутствует ограничение на получение заготовок сложных форм. В рамках рассматриваемого производства ограничение по толщине резки несущественно. В процессе резки металл разрезается струей воды с абразивом, поэтому при составлении карты раскроя необходимо учитывать ширину реза. Практически отсутствует необходимость дальнейшей обработки кромок, так как их потребительские свойства достаточно высоки

Материальный ресурс 0-го уровня – материальный ресурс, из которого не производили заготовки.

Материальный ресурс n -го уровня – материальный ресурс, который являлся исходным ресурсом для проектирования карт раскроя n раз.

Под уровнем раскроя понимается раскрой из материального ресурса 0-го уровня или материального ресурса n -го уровня раскроя.

Материальный ресурс n -го уровня получается в результате раскроя $n - 1$ -го уровня. Следует отметить, что при разработке карт раскроя в качестве материального ресурса могут выступать взаимозаменяемые с технологической точки зрения материальные ресурсы листового металла разных уровней. Но предпочтение целесообразно отдавать материальному ресурсу, из которого, с экономической точки зрения, эффективнее изготовить заготовки. Такой материальный ресурс обладает замещающими свойствами.

В рамках процесса раскроя целесообразно оценивать рыночную стоимость каждого уровня материального ресурса для последующего производства на предприятии или для реализации другой организации. При этом рыночная стоимость материального ресурса n -го уровня не может быть ниже стоимости металлолома.

Рыночная стоимость материальных ресурсов разного уровня отличается в зависимости от значений показателей, характеризующих потребительские свойства материального ресурса (например, площадь, длина, ширина, толщина, марка стали). Рыночная стоимость материального ресурса снижается в зависимости от увеличения его уровня. Материальные ресурсы разных уровней могут иметь близкую по значению или одинаковую рыночную стоимость, так как значения характеризующих их показателей могут быть сопоставимыми.

Следует отметить, что чем выше уровень материального ресурса, тем меньше удельная операционная прибыль, полученная при реализации продукции. Это связано с тем, что снижается рыночная стоимость и увеличиваются удельные затраты на хранение и транспортировку материального ресурса. Поэтому менеджерам предприятия необходимо одновременно с решением задачи увеличения коэффициента использования листового металла решать задачу максимального производства продукции из материальных ресурсов низшего уровня.

С целью увеличения коэффициента использования листового металла необходимо организовать комплексное проектирование карт раскроя, под которым понимается проектирование карт раскроя листового металла на заготовки для всего ассортимента производимой продукции на предприятии с учетом имеющегося ассортимента материальных ресурсов листового металла. Например, при производстве мобильных блок-контейнеров целесообразно проектировать карты раскроя, включающие листовые заготовки для блок-контейнеров и для другой продукции предприятия (скобы, пластины для мебели, заготовки для игровых площадок). При этом для разных заготовок может быть экономически обосновано проектирование карт раскроя из разных материальных ресурсов.

В рамках второго решения задачи увеличения коэффициента использования металла (организация раскроя с учетом материальных ресурсов листового металла, полученных после раскроя из сортового проката) нами разработаны логические принципы алгоритма оценки и идентификации материальных ресурсов листового металла n -го уровня на деловые и неделовые.

При реализации раскроя из материальных ресурсов 0-го или n -го уровня необходимо полученные в результате материальные ресурсы $n + 1$ -го уровня идентифицировать на группы – деловые и неделовые материальные ресурсы:

- деловые материальные ресурсы n -го уровня – материальные ресурсы n -го уровня, из которых технически возможно и экономически целесообразно организовать раскрой n -го уровня, т. е. которые обладают замещающим свойством по отношению к материальным ресурсам других уровней;

- неделовые материальные ресурсы – материальные ресурсы n -го уровня, из которых экономически не целесообразно организовать раскрой n -го уровня.

Актуальность разработки алгоритма оценки и идентификации материальных ресурсов подтверждается тем, что оперативная обоснованная оценка и идентификация материальных ресурсов n -го уровня позволит снизить затраты на хранение и транспортировку неделовых материальных ресурсов n -го уровня, увеличить коэффициент использования металла, снизить удельные технологические затраты на листовой металл, увеличить объем производства и ре-

лизации продукции при производстве продукции из деловых материальных ресурсов. Под терминами оценка и идентификация материальных ресурсов n -го уровня понимается:

– оценка материального ресурса n -го уровня – определение значений показателей, характеризующих материальный ресурс раскроя n -го уровня, на основании которых производится идентификация материального ресурса n -го уровня с целью обоснования целесообразности производства из него продукции;

– идентификация материального ресурса n -го уровня – сопоставление значений показателей, характеризующих материальный ресурс раскроя n -го уровня, с эталонными значениями показателей соответствующих классов деловых материальных ресурсов. Целесообразность выделения классов деловых материальных ресурсов обоснована далее в рамках разработанных логических принципов алгоритма.

Следует отметить, что на разработку алгоритма оценки и идентификации материальных ресурсов существенное влияние оказывает специфика производственной деятельности предприятия. При массовом производстве номенклатура производимых заготовок, их комплектность в течение длительного времени не изменяются, поэтому существует возможность однозначно выделить деловые и неделовые материальные ресурсы листового металла. В ходе технологических процессов необходимо идентифицировать получаемые материальные ресурсы листового металла n -го уровня.

При единичном и мелкосерийном производстве номенклатура производимых заготовок и их комплектность постоянно изменяются, поэтому геометрические показатели материальных ресурсов также изменяются. Следовательно, при разработке алгоритма необходимо учесть изменение значений показателей классов материальных ресурсов, переоценивать материальные ресурсы, признанные деловыми при изменении значений показателей классов материальных ресурсов.

При современном развитии информационных технологий целесообразно разработать программное обеспечение, которое по заданным показателям будет оценивать материальные ресурсы листового металла n -го уровня и их идентифицировать.

Сформулируем основные логические принципы алгоритма оценки показателей, характеризующих материальные ресурсы

листового металла n -го уровня, и идентификации материальных ресурсов при определении групп деловых или неделовых материальных ресурсов:

1. Карты раскроя формируются технологом в электронном виде при использовании соответствующего программного обеспечения, которое отвечает за рациональное расположение заготовок на материальном ресурсе 0-го или n -го уровней и выбор материальных ресурсов. Поэтому на основе карт раскроя определяются значения показателей материальных ресурсов n -го уровня [17].

2. На основании схожести материальных ресурсов n -го уровня по оцениваемым показателям в определенном интервале значений необходимо определить классы деловых материальных ресурсов. В дальнейшем программа будет идентифицировать полученный материальный ресурс, по сравнению с классами материальных ресурсов.

3. В качестве показателей, характеризующих материальные ресурсы, можно выделить: марку стали, покрытие, толщину, площадь, отношение длины к ширине описанного прямоугольника, диаметр вписанного круга, диаметр описанного круга.

4. Необходимо вести количественный учет материальных ресурсов в соответствующем классе и проводить оценку предполагаемой потребности в производстве соответствующих заготовок на основе имеющихся и наиболее вероятных заказов, так как нецелесообразно хранить материальные ресурсы n -го уровня, из которых можно получить заготовку, но нет потребности в производстве. Для оценки потребности следует вести статистику проектирования карт раскроя по классам материальных ресурсов за определенный период.

5. Выявленный спрос за определенный период позволит устранить излишнее хранение материальных ресурсов n -го уровня. Целесообразно скорректировать спрос на соответствующий класс материальных ресурсов на возможное его изменение в условиях единичного или мелкосерийного производства.

6. Необходимо принимать решение об отнесении материального ресурса в классы деловых и неделовых материальных ресурсов на основании экономической оценки с учетом изменения технологических затрат на хранение и транспортировку материального ресурса листового металла. Для оценки увеличения затрат на

хранение материального ресурса целесообразно оценивать сроки хранения материального ресурса n -го уровня через прогнозируемый спрос. Предлагается оценивать максимально допустимый и предполагаемый срок хранения материального ресурса n -го уровня. Максимально допустимый срок хранения делового материального ресурса n -го уровня – это срок хранения, при котором прирост чистого дохода от реализации продукции за счет производства из материального ресурса n -го уровня с учетом увеличения транспортных затрат и затрат на хранение равен приросту чистого дохода от реализации материального ресурса n -го уровня другим организациям без добавления потребительских

свойств. Если предполагаемый срок хранения ниже допустимого, следовательно, материальный ресурс с экономической точки зрения целесообразно признать деловым.

7. Следует с определенной периодичностью проводить переоценку хранящихся материальных ресурсов, так как номенклатура производимых заготовок и значения показателей, характеризующих заготовки, могут изменяться.

На основе выделенных аспектов, которые следует учесть в работе исследуемого алгоритма составлена карта процесса оценки и идентификации материальных ресурсов листового металла n -го уровня на деловые и неделовые (табл. 2).

Таблица 2

Карта процесса оценки и идентификации материальных ресурсов n -го уровня
Chart of the evaluation and identification process of the n -th level material resources

Категория	Описание
Цель процесса	Оценка и идентификация материальных ресурсов листового металла n -го уровня на деловые и неделовые
Владелец процесса	Специалист отдела управленческого учета
Границы процесса	Начало: получение материального ресурса листового металла n -го уровня Конец: идентификация материальных ресурсов листового металла n -го уровня
Входы процесса	Поставщики
Карты раскрытия листового металла	Технолог
План производства заготовок	Специалист отдела управленческого учета
Статистические данные о спросе на соответствующий класс материальных ресурсов и прогнозируемая вероятность изменения спроса. Количество материальных ресурсов в соответствующем классе деловых и неделовых материальных ресурсов	Программное обеспечение
Балансовая стоимость материальных ресурсов на момент оценки	Специалист отдела управленческого учета
Затраты на хранение и транспортировку	Специалист отдела управленческого учета
Прогнозируемые доходы от производства продукции из материальных ресурсов n -го уровня или реализации их другим организациям	Специалист отдела управленческого учета
Руководство по ведению учета	Специалист отдела управленческого учета
Выходы процесса	Потребители
Идентифицированные материальные ресурсы листового металла	Отдел управленческого учета, конструкторско-технологические службы
Ограничения процесса	Документы СМК, приказы руководства, руководство ведения учета материальных ресурсов
Ресурсы	Персонал, помещения, оргтехника, программное обеспечение, финансовые ресурсы

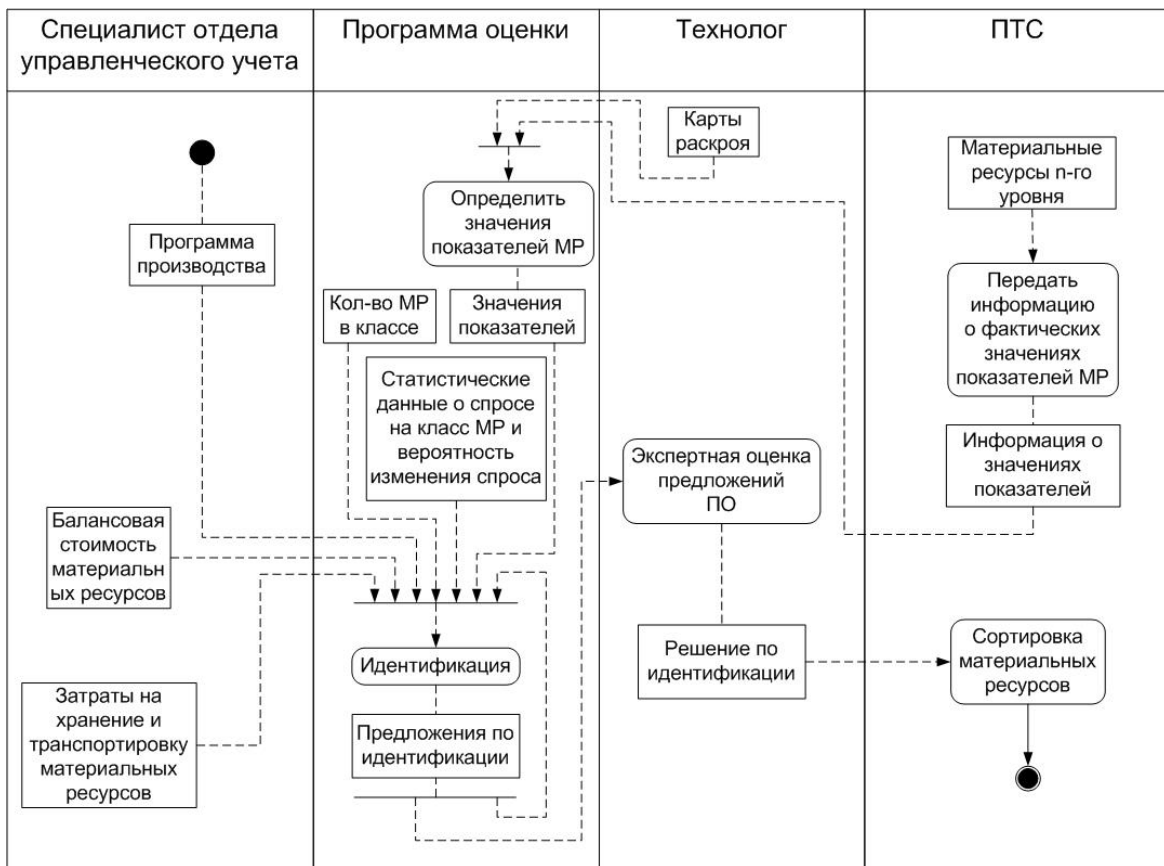


Рис. 2. Процесс оценки и идентификации материальных ресурсов n -го уровня на деловые и неделовые материальные ресурсы

Fig. 2. The process of evaluating and identifying the n -th level material resources on business and non-business material resources

На основе карты процесса на рис. 2 построена графическая интерпретация процесса идентификации материальных ресурсов n -го уровня с помощью метода UML Activity diagram.

На основе логических принципов алгоритма оценки и идентификации материальных ресурсов n -го уровня следует в дальнейшей работе рассмотреть особенности разработки и освоения системы поддержки принятия решений (СППР). Существуют различные методы разработки СППР, однако теория нечетких множеств имеет неоспоримое преимущество над вероятностными подходами, которое заключается в том, что системы поддержки принятия решений, построенные на ее основе, обладают повышенной степенью обоснованности принимаемых решений [18]. Например, одним из распространенных математических аппаратов исследования систем яв-

ляются сети Петри. Они позволяют описывать и анализировать процессы с целью выявления узких мест внутри них, а также определять величины и резервы сокращения затрат (например, технологических) на реализацию этих процессов [19–21].

После принятия управленческого решения об отнесении делового материального ресурса листового металла n -го уровня к соответствующему классу необходимо организовать их учет и хранение. Данные вопросы рассмотрены в [22, 23]. Эти процессы должны обеспечивать особенности управленческого учета материальных ресурсов n -го уровня (учет в разрезе номенклатуры, отражающей значения характеризующих показателей материальных ресурсов) и оперативный поиск материальных ресурсов на складе, которые будут требоваться для производства продукции.

Выводы. Проведенный анализ процесса организации раскроя листового металла на малых машиностроительных предприятиях с единичным и мелкосерийным типом производства определил актуальность организации рационального раскроя листового металла с учетом деловых материальных ресурсов, позволил разработать схемы процесса раскроя и маршрутного технологического процесса производства цистерны для транспортировки воды. На основе анализа технологических особенностей методов резки листового металла и разработанной схемы маршрутного технологического процесса систематизированы технологические аспекты методов резки листового металла, которые влияют на проектирование карт раскроя.

В ходе исследования предложено рассмотреть процесс раскроя листового металла как многоуровневую систему раскроя. Данный подход позволит организовать комплексное проектирование карт раскроя и исследовать изменение рыночной стоимости материальных ресурсов листового металла после раскроя.

Предложен инструмент организации рационального раскроя листового металла с учетом деловых материальных ресурсов в условиях машиностроительного предприятия с единичным или мелкосерийным типом производства, позволяющий за счет увеличения коэффициента использования листового металла оптимизировать структуру технологических затрат. В целях принятия обоснованного оперативного решения менеджерами предприятия об отнесении материального ресурса листового металла к группам деловых или неделовых материальных ресурсов разработаны логические принципы в работе алгоритма оценки и идентификации материальных ресурсов листового металла n -го уровня. Это позволит с точки

зрения организации бережливого производства на машиностроительном предприятии при раскрое листового металла снизить затраты на хранение и транспортировку неделовых материальных ресурсов n -го уровня, увеличить коэффициент использования металла, снизить удельные технологические затраты на листовую металл, увеличить объем производства и реализации продукции при производстве продукции из деловых материальных ресурсов.

В дальнейших исследованиях организации раскроя листового металла необходимо разработать методику и алгоритм оценки и идентификации материальных ресурсов, которые следует рассматривать как основу для разработки СППР сортировки материальных ресурсов листового металла n -уровня. Также необходимо обосновать экономическую эффективность освоения предлагаемой СППР.

Для исследования раскроя листового металла с точки зрения многоуровневой системы следует разработать методику оценки рыночной стоимости материального ресурса n -го уровня для обеспечения трансферта потребительских свойств переделов на предприятии или для реализации другой организации.

При организации раскроя листового металла с учетом деловых материальных ресурсов необходимо разработать рекомендации по организации управленческого учета и хранения деловых материальных ресурсов n -го уровня на основе концепции бережливого производства в части сокращения возникающих видов потерь (затрат на транспортировку и хранение деловых и неделовых материальных ресурсов на основе реализации алгоритма оценки и идентификации материальных ресурсов n -го уровня, временных затрат на поиск необходимых материальных ресурсов).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Борисов А.А. Формирование системы параметров, определяющих стоимость инженерного бизнеса // Организатор производства. 2014. № 3. С. 19–22.
- [2] Шичков А.Н. Экономика и менеджмент инновационных процессов в регионе: моногр. М.: Изд. дом «Финансы и кредит», 2008. 360 с.

- [3] Сулоева С.Б., Гульцева О.Б. Традиционные и современные системы управления затратами // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2016. № 4(246). С. 173–180. DOI: 10.5862/ЖЕ.246.15

- [4] Ивашкевич В.Б. Бухгалтерский управленческий учет. М.: Магистр: Инфра М, 2011. 576 с.

- [5] **Смирнов А.А., Кремлёва Н.А.** Операционный цикл конверсии в производственно-технологической системе инженерного бизнеса // Неделя науки СПбПУ: матер. науч. конф. с междунар. участием. Лучшие доклады. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. С. 293–297.
- [6] **Кремлёва Н.А., Борисов А.А., Фролов А.А.** Креативная модель графического проектирования процессов конверсии в инженерном бизнесе // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2016. № 5 (251). С. 131–139. DOI: 10.5862/JE.251.12
- [7] **Shichkov A.N.** Designing manufacturing technological systems // Scientific Israel-Technological Advanteges. 2016. Vol. 18, no. 1. P. 89–106.
- [8] **Shichkov A.N.** Innovative Enhancement of an Engineering Business: Operation Cycle Method // Scientific Israel-Technological Advanteges. 2016. Vol. 18, no. 4. P. 100–111.
- [9] **Канторович Л.В., Залгаллер В.А.** Рациональный раскрой промышленных материалов. Новосибирск: Наука, 1971. 300 с.
- [10] **Мухачева Э.А.** Рациональный раскрой промышленных материалов. Применение АСУ. М.: Машиностроение, 1984. 176 с.
- [11] **Валиахметова Ю.И., Телицкий С.В.** Применение систем автоматизированного проектирования карт раскроя в судостроении // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2012. № 6. С. 38–43.
- [12] **Валиахметова Ю.И., Филиппова А.С.** Теория оптимального использования ресурсов Л.В. Канторовича в задачах раскроя-упаковки: обзор и история развития методов решения // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2014. № 1. С. 186–197.
- [13] **Филиппова А.С., Валиахметова Ю.И.** Теория оптимального использования ресурсов Л.В. Канторовича в работах Уфимской научной школы // Омский научный вестник. 2013. № 1. С. 39–42.
- [14] **Петуний А.А.** Автоматический выбор метода расчета фигурного раскроя с использованием сравнительного анализа алгоритмов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2010. № 5(316). С. 169–171.
- [15] **Kartak V.M., Mesyagutov M.A., Mukhacheva E.A., Filippova A.S.** Local search of orthogonal packings using the lower bounds // Automation and Remote Control. 2009. Vol. 70, no. 6. P. 1054–1066.
- [16] **Алешин Н.П., Чернышев Г.Г.** Сварка. Резка. Контроль. В 2 т. Т. 1. М.: Машиностроение, 2004. 424 с.
- [17] **Смирнов А.А., Степанов А.С., Кремлёва Н.А.** Организация раскроя и сортировки остатков листового металла на машиностроительном предприятии // Неделя науки СПбПУ: матер. науч. конф. с междунар. участием / Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли. Ч. 1. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. С. 157–159.
- [18] **Кропилин А.В., Бабкин А.В., Кропилина С.В.** Особенности построения систем поддержки принятия решений на основе нечёткой логики // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2010. № 97(2). С. 58–63.
- [19] **Skorodumov P.V.** Modelling of economic systems with Petri nets // Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. 2014. No. 4. P. 253–259.
- [20] **Дохтаева И.А., Суконщиков А.А.** Современные методы интеллектуального анализа данных в СППР // Информатизация инженерного образования: труды Междунар. науч.-практ. конф. М.: Изд. дом МЭИ, 2016. С. 312–315.
- [21] **Улитин А.В., Суконщиков А.А.** Применение аппарата нейро-нечетких сетей Петри для моделирования СППР // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: сб. науч. трудов 12-й Междунар. науч. конф. Курск: Университетская книга, 2015. С. 160–163.
- [22] **Маслов В.И., Шуткевич Л.Н.** Повышение качества процессов учета и распределения делового отхода листов металлопроката // Современное машиностроение. Наука и образование: матер. 3-й Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. С. 491–500.
- [23] **Файзрахманов Р.А., Мурзакаев Р.Т., Шиллов В.С., Буркова А.В.** Исследование бизнес-процесса учета делового остатка при раскрое листовых материалов // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2013. № 7. С. 143–148.

СМИРНОВ Артём Алексеевич. E-mail: smirnov.artem.a@yandex.ru

КРЕМЛЁВА Наталия Анатольевна. E-mail: kremleva-n@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 03.04.17

REFERENCES

- [1] **A.A. Borisov,** Formirovanie sistemy parametrov, opredeliayushchikh stoimost' inzhenernogo biznesa, Organizator proizvodstva, 3 (2014) 19–22.
- [2] **A.N. Shichkov,** Ekonomika i menedzhment innovatsionnykh protsessov v regione: monografiya, Moscow, Izd. dom «Finansy i kredit», 2008.
- [3] **S.B. Suloeva, O.B. Gultceva,** Traditional and modern cost management systems: a scope and distinctive features, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 4 (246) (2016) 173–180. DOI: 10.5862/JE.246.15
- [4] **V.B. Ivashkevich,** Bukhgalterskii upravlencheskii uchet, Moscow, Magistr: Infra M, 2011.

- [5] **A.A. Smirnov, N.A. Kremleva**, Operatsionnyi tsikl konversii v proizvodstvenno-tekhnologicheskoi sisteme inzhenernogo biznesa, Nedelia nauki SPbPU, Materialy nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem. Luchshie doklady, St. Petersburg, Izd-vo Politekhn. un-ta, (2016) 293–297.
- [6] **N.A. Kremlyova, A.A. Borisov, A.A. Frolov**, A Creative Model for Graphical Design of Conversion Processes in Engineering Business, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 5 (251) (2016) 131–139. DOI: 10.5862/JE.251.12
- [7] **A.N. Shichkov**, Designing manufacturing technological systems, Scientific Israel-Technological Advantages, 18 (1) (2016) 89–106.
- [8] **A.N. Shichkov**, Innovative Enhancement of an Engineering Business: Operation Cycle Method, Scientific Israel-Technological Advantages, 18 (4) (2016) 100–111.
- [9] **L.V. Kantorovich, V.A. Zalgaller**, Ratsional'nyi raskroi promyshlennykh materialov, Novosibirsk, Nauka, 1971.
- [10] **E.A. Mukhacheva**, Ratsional'nyi raskroi promyshlennykh materialov. Primenenie ASU, Moscow, Mashinostroenie, 1984.
- [11] **Iu.I. Valiakhmetova, S.V. Telitskii**, Primenenie sistem avtomatizirovannogo proektirovaniia kart raskroia v sudostroenii, Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 6 (2012) 38–43.
- [12] **Iu.I. Valiakhmetova, A.S. Filippova**, Teoriia optimal'nogo ispol'zovaniia resursov L.V. Kantorovicha v zadachakh raskroia-upakovki: obzor i istoriia razvitiia metodov resheniia, Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviatsionnogo tekhnicheskogo universiteta, 1 (2014) 186–197.
- [13] **A.S., Filippova**, Valiakhmetova Iu.I. Teoriia optimal'nogo ispol'zovaniia resursov L.V. Kantorovicha v rabotakh Ufimskoi nauchnoi shkoly, Omskii nauchnyi vestnik, 1 (2013) 39–42.
- [14] **A.A. Petunin**, Avtomaticheskii vybor metoda rascheta figurnogo raskroia s ispol'zovaniem sravnitel'nogo analiza algoritmov, Izvestiia Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov, 5 (316) (2010) 169–171.
- [15] **V.M. Kartak, M.A. Mesyagutov, E.A. Mukhacheva, A.S. Filippova**, Local search of orthogonal packings using the lower bounds, Automation and Remote Control, 70 (6) (2009) 1054–1066.
- [16] **N.P. Aleshin, G.G. Chernyshev**, Svarka. Rezka. Kontrol'. V 2 t. T. 1, Moscow, Mashinostroenie, 2004.
- [17] **A.A. Smirnov, A.S. Stepanov, N.A. Kremleva**, Organizatsiia raskroia i sortirovki ostatkov listovogo metalla na mashinostroitel'nom predpriiatii, Nedelia nauki SPbPU: mater. nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem, Institut promyshlennogo menedzhmenta, ekonomiki i torgovli. Ch. 1, St. Petersburg, Izd-vo Politekhn. un-ta, (2016) 157–159.
- [18] **A.V. Kroshilin, A.V. Babkin, S.V. Kroshilina**, Osobennosti postroeniia sistem podderzhki priiniatiia reshenii na osnove nechetkoi logiki, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Computer Science. Telecommunications and Control Systems, 97 (2) (2010) 58–63.
- [19] **P.V. Skorodumov**, Modelling of economic systems with Petri nets, Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast, 4 (2014) 253–259.
- [20] **I.A. Dokhtaeva, A.A. Sukonshchikov**, Sovremennye metody intellektual'nogo analiza dannykh v SPPR, Informatizatsiia inzhenernogo obrazovaniia: trudy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Moscow, Izd. dom MEI, (2016) 312–315.
- [21] **A.V. Ulitin, A.A. Sukonshchikov**, Primenenie apparata neiro-nechetkikh setei Petri dlia modelirovaniia SPPR, Sovremennye instrumental'nye sistemy, informatsionnye tekhnologii i innovatsii: sb. nauch. trudov 12-i Mezhdunar. nauch. konf., Kursk, Universitetskaia kniga, (2015) 160–163.
- [22] **V.I. Maslov, L.N. Shutkevich**, Povyshenie kachestva protsessov ucheta i raspredeleniia delovogo otkhoda listov metalloprokata, Sovremennoe mashinostroenie. Nauka i obrazovanie, Materialy 3-i Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., St. Petersburg, Izd-vo Politekhn. un-ta, (2013) 491–500.
- [23] **R.A. Faizrahmanov, R.T. Murzakaev, V.S. Shilov, A.V. Burkova**, Issledovanie biznes-protsessa ucheta delovogo ostatka pri raskroe listovykh materialov, Vestnik PNIPU. Elektrotehnika, informatsionnye tekhnologii, sistemy upravleniia, 7 (2013) 143–148.

SMIRNOV Artem A. E-mail: smirnov.artem.a@yandex.ru

KREMLYOVA Nataliia A. E-mail: kremleva-n@yandex.ru