

Г. Н. Ярыгіна, А. А. Даурова

АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ И ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МЕТОДОВ

Статья посвящена анализу и разработке методики повышения эффективности использования лесных ресурсов и отходов на основе оптимизационных методов. Показано, как достичь минимального уровня отходов деревообрабатывающего производства с использованием принципов циркулярной экономики, что позволяет проследить цепочку применения первичного сырья в деревообрабатывающей отрасли на всех этапах жизненного цикла производства до полной утилизации и/или возврата в производственный цикл отходов деревообработки для получения новой продукции с получением экономической и экологической выгод. Во введении подчеркнута актуальность проблемы образующихся отходов на деревообрабатывающих предприятиях, которые возможно использовать повторно. Определены цель и задачи исследования, указан необходимый инструментарий для достижения поставленной цели исследования. В основной части работы проведен анализ динамики образования и учета отходов на деревообрабатывающих предприятиях в Витебской области. Разработана и обоснована методика анализа и повышения эффективности использования ресурсов и отходов деревообрабатывающего производства с применением методов оптимизации, которая состоит из трех этапов: анализ рынка на основе методов маркетинговых исследований, анализ обеспеченности производства сырьем и материалами и их соответствия производственному плану и оценка эффективности использования сырья и материалов на всех этапах производства на основе оптимизационных моделей. В заключении статьи показаны результаты, сделаны выводы. Полученные результаты могут быть использованы на деревообрабатывающих предприятиях для сокращения образования отходов, получения экономических и экологических выгод и в конечном счете повышения конкурентоспособности региона в рамках национальной экономики.

Ключевые слова: деревообрабатывающие предприятия, отходы, циркулярная экономика, спрос, анализ рынка, оптимизационная модель.

Введение. Один из значимых природных ресурсов Витебской области – леса, которыми покрыто около 25 % ее земельного фонда, что составляет более 1/5 всех лесных запасов Беларуси. По данным Государственной программы «Белорусский лес» на 2021–2025 годы [1], за 2021 г. доля продукции деревообработки в целом по стране составила 5,2 % ВВП. Основой деревообрабатывающей промышленности Беларуси является производство мебели, которое занимает значительное место в экономике страны. Деревообрабатывающая отрасль способна максимально перерабатывать лесные ресурсы для удовлетворения внутренних потребностей и экспортировать готовую продукцию за пределы страны. Лес – возобновляемый ресурс, поэтому эффективное функционирование данного сектора экономики становится национальным приоритетом.

Актуальная проблема в деревообрабатывающей промышленности – неэффективное использование лесных ресурсов: отсутствие технологий глубокой переработки древесного сырья, низкий процент производства и использования отходов, невысокая степень обработки изделий, низкий объем экспорта готовых мебельных заготовок, что приводит к снижению эффективности экспорта и не обеспечивает приток валютных средств в регион.

Ярыгіна Галіна Ніколаевна, аспирант каф. эканомікі ПГУ ім. Евфросинии Полоцкой (Беларусь); науч. рук. – И. В. Зенькова, канд. экон. наук, доц., зав. каф. эканомікі ПГУ ім. Евфросинии Полоцкой (Беларусь).

Адрес для корреспонденции: ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк, Беларусь; e-mail: g.yarygina@psu.by

Даурова Альбина Ахсарбековна, канд. техн. наук, доц., доц. каф. автоматизированной обработки информации СКГМИ (ГТУ) (Россия).

Адрес для корреспонденции: ул. Николаева, 44, 362021, г. Владикавказ, Россия; e-mail: albina_daurova@mail.ru

В процессе переработки древесины образуются различные виды отходов. Даже самое современное деревообрабатывающее производство не использует древесное сырье на 100 %. Часть его уходит в отходы, которые вывозят на свалки и полигоны либо сжигают. Во время утилизации древесных отходов выделяется большое количество углекислого газа. Таким образом, вопрос переработки древесных отходов в настоящее время стоит достаточно остро.

Отходы деревообрабатывающего производства являются ценным и дешевым ресурсом, который можно использовать повторно для изготовления других материалов и небольших изделий. С экономической точки зрения использование некоторых видов древесных отходов является выгодным для предприятий, так как технология их переработки проста, а некоторые виды продукции из этих отходов востребованы на рынке. Это означает, что деятельность предприятий, которые возвращают древесные отходы во вторичный экономический оборот, – возможный источник экономического роста в регионах нашей страны. С экологической точки зрения выгода заключается в уменьшении объема вырубки лесов и снижении давления на окружающую среду. Экономическая составляющая тесно связана с экологической из-за рециркуляции отходов: чем больше предприятие использует древесных отходов повторно в производственном цикле, тем меньше отходов в необработанном виде возвращается в окружающую среду [2].

Для того чтобы предприятия использовали лесные ресурсы эффективно, необходимо разработать методику повышения эффективности использования лесных ресурсов и отходов деревообрабатывающего производства. Целью настоящего исследования является разработка и апробация методики повышения эффективности использования лесных ресурсов в деревообрабатывающем производстве Витебской области.

Поставленная цель предопределила необходимость решения следующих задач:

1. Анализ динамики образования и учета отходов деревообрабатывающей промышленности Витебской области.
2. Разработка и обоснование методического инструментария анализа и повышения эффективности использования ресурсов и отходов деревообрабатывающего производства на основании оптимизационной модели.

Основная часть

Анализ динамики образования и учета отходов. На современном этапе увеличивается интерес к стратегиям, которые направлены на снижение негативного воздействия на окружающую среду, а также на повышение эффективности использования лесных ресурсов в деревообрабатывающей промышленности. Большой интерес проявляется к концепции циркулярной экономики, благодаря которой можно создать благоприятные условия для развития деревообрабатывающей промышленности, что позволит предприятиям данной отрасли решать экономические, ресурсные и экологические проблемы. «Циркулярная экономика – это социально-экономические отношения между субъектами экономики и окружающей средой по поводу рационального использования ресурсов в системе производства и потребления с целью оптимизации использования первичных ресурсов и сокращения отходов на каждом этапе через замкнутые эколого-технологические циклы с полным использованием первичного сырья» [3].

Лесной сектор может сыграть важную роль в переходе к модели циркулярной экономики в Беларуси с целью повышения рационального использования лесных ресурсов за счет эффективного управления отходами, которые образуются в процессе производства изделий из древесины. В результате внедрения принципов циркулярной экономики в деревообрабатывающей промышленности возможен положительный эффект: вследствие усовершенствования проектирования и планирования изделия, а также пересмотра стадии окончания срока службы изделия само изделие, у которого закончился срок эксплуатации, может быть отходом, который выкидывают на свалку, а может превратиться в ресурс, который можно перерабатывать и повторно использовать, заменяя часть первичных материалов в новых изделиях, и, следовательно, компенсировать связанные с этим производственные воздействия с точки зрения прямого воздействия (затраты, эффективность использования

ресурсов и углеродный след). Что касается возможных вариантов изделий в конце жизненного цикла, то реконструкция и модернизация, а не утилизация играют важную роль в достижении цикличности, так как дают больше возможностей для сокращения отходов и уменьшения потребности в новых материалах в вариантах вторичной переработки.

Технический прогресс в деревообработке движется в направлении использования безотходных технологий, применения современного, менее энергоемкого и более производительного оборудования с целью увеличения производительности труда, снижения себестоимости и улучшения качества производимой продукции [4].

Одно из направлений ресурсосбережения в деревообрабатывающей промышленности – рациональное использование древесного сырья, а также возможность применения переработанных древесных отходов в качестве заменителя деловой древесины. Это позволит достичь сокращения давления на окружающую среду и получить экологическую выгоду, которая заключается в том, что сокращается площадь лесных вырубок, сохраняется природный и лесной массив, а также снижается количество отходов, которые необходимо захоранивать на полигонах.

Показатель образования отходов позволяет измерить влияние антропогенного воздействия на окружающую среду в Витебской области, а также проследить динамику образования отходов. Представим данные об образовании отходов производства за период 2017–2021 гг. в Витебской области по всем видам отходов, образовавшихся в результате деятельности деревообрабатывающей промышленности (таблица 1).

Таблица 1 – Образование отходов производства по видам отходов за период 2017–2021 гг. в Витебской области

Код отхода	Наименование отхода	Образование отходов по годам, <i>t</i>				
		2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
1	2	3	4	5	6	7
1710100	Кора	60 503,78	4020,85	3233,86	3467,97	4963,25
1710101	Кора при окорке круглых лесоматериалов	7727,06	46,59	2,31	7649,78	6575,1
1710102	Кора и опилки от раскря бревен на лесопильных рамах	56 892,42	16 069,48	5217,88	4563,5	5108,41
1710200	Опилки натуральной чистой древесины	309 254,64	60 126,79	82 293,1	121 529,4	71 769,28
1710201	Опилки и кора при шпалопилении	343,76	21,62	114,29	85,57	96,38
1710203	Опилки и стружка при изготовлении столярных и фрезерованных деталей	16 324,5	5325,12	5401,8	1677,12	2604,57
1710204	Опилки от производства упаковочной тары (ящиков)	540,85	4,90	4,61	4,02	3,16
1710400	Стружка натуральной чистой древесины	4016,55	1233,25	1087,47	0,07	0,16
1710401	Стружка и опилки при производстве мебели	18 474,78	109,94	119,85	136,47	96,77
1710600	Горбыль, рейка из натуральной чистой древесины	119 271,53	320,75	374,04	1322,02	738,28

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
1710601	Горбыль, рейка при раскросе бревен на пиломатериалы на лесопильных рамах	138 953,85	24 727,2	20 074,41	29 630,44	19 175,03
1710700	Кусковые отходы натуральной чистой древесины	369 227,25	77 394,41	83 287,84	29 217,6	16 404,13
1710701	Кусковые отходы от раскряжевки и распиловки при шпалопилении	1648,36	317,14	77,65	–	–
1710702	Кусковые отходы от производства столярных и фрезерованных деталей	13 841,46	41,65	38,44	45,96	53,42
1710703	Кусковые отходы от производства паркетных изделий	3711	6246,03	4321,76	3237	335,65
1710704	Кусковые отходы от производства упаковочной тары (ящиков)	603,04	19,74	0,89	–	–
1710900	Отходы щепы натуральной чистой	197 230,96	26 124,4	7391,43	5770	–
1711200	Кусковые отрезки, некондиционные чураки	8157,84	22,67	13,71	12,12	–
1711700	Отходы (куски, обрезки) черновой мебельной заготовки, фанеры, древесностружечных плит, древесноволокнистых плит, шпона, заготовок	11 888,70	0,07	–	12,86	146,83
1711704	Обрезки фанеры, плит (древесноволокнистых плит, древесностружечных плит, древесностружечных плит средней плотности (МДФ))	78 478,25	1395,73	1689,57	1371,44	1576,72
1711800	Отсев от сортировки щепы при производстве древесностружечных плит и древесноволокнистых плит	7596,21	4349,39	4194,23	4205,88	4868,71
1712101	Пыль шлифовальная от производства паркетных изделий **	0,35	–	–	0,02	–
1712104	Пыль древесная от шлифовки деталей мебели **	416,35	5,06	4,89	–	2,33

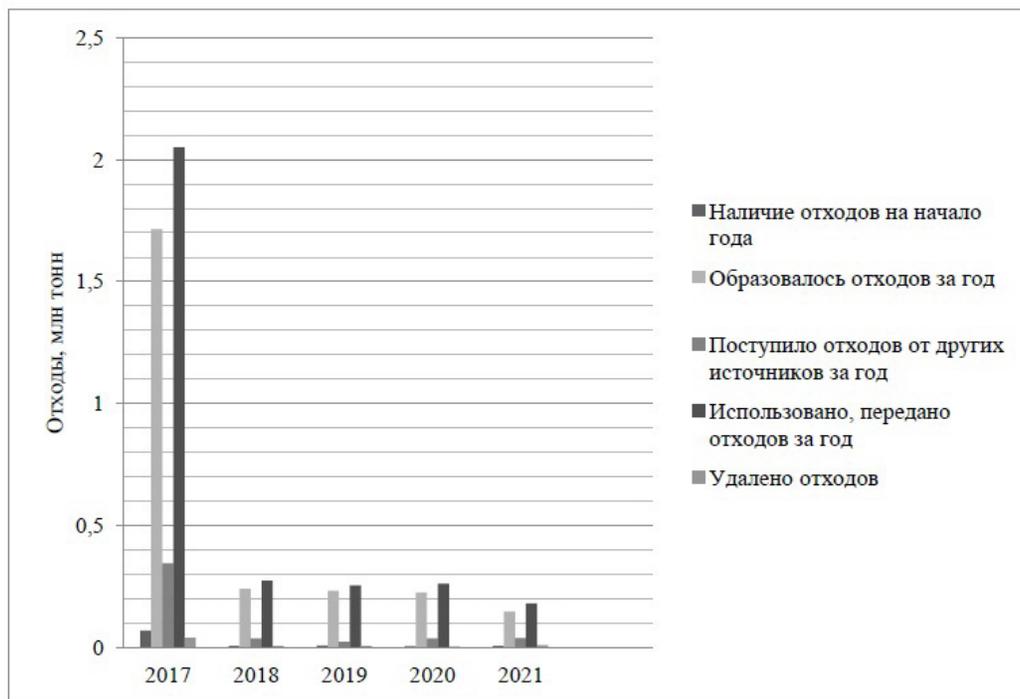
Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
1712301	Опилки разнородной древесины (например, содержащие опилки древесностружечных и/или древесноволокнистых плит)	1150,47	78,23	94,64	24,23	24,14
1712302	Стружка разнородной древесины (например, содержащая стружку древесностружечных и/или древесноволокнистых плит)	4369,57	–	–	–	0,1
1712303	Опилки и стружки разнообразной древесины (например, содержащие опилки и стружку древесностружечных и/или древесноволокнистых)	46 317,63	1,93	11,40	8,69	5,26
1712304	Пыль от обработки разнородной древесины (например, содержащая пыль древесностружечных и/или древесноволокнистых плит) **	98 104,62	1195,35	4932,74	5003,02	5189,99
1712305	Шлам от обработки разнородной древесины (например, содержащая шлам древесностружечных и/или древесноволокнистых плит)	5021,51	3476,63	2551,39	2631,62	2857,98
1712306	Обрезь разнородной древесины (например, содержащая обрезь древесностружечных и/или древесноволокнистых плит)	358,34	60,00	116,52	101,95	44,48
1719905	Прочие отходы переработки древесины, не вошедшие в группу VIA	11798,03	7173,07	4506,25	4112,24	4991,74
Итого:		1 714645,68	240 001,51	231 156,93	225 821	147631,86
Источник: составлено авторами на основании данных, предоставленных РУП «Бел НИЦ “Экология”» по Договору № 96/2022 от 31.05.22 г.						

Согласно данным, представленным в таблице 1, в Витебской области количество отходов производства с каждым годом уменьшается. За период с 2017 по 2021 г. их количество существенно уменьшилось (в 11,61 раз) и составило 147 631,86 т. в 2021 г. Количество наименований отходов за этот же период уменьшилось почти вдвое и составило в 2021 г.

25 наименований. Подобная тенденция является благоприятной для развития циркулярной экономики, так как означает снижение потребления природных ресурсов и производства загрязнений.

Для анализа динамики отходов производства представим данные об их наличии, образовании и движении за период с 2017 по 2021 г. по Витебской области (рисунок 1).



Источник: составлено авторами на основании данных, предоставленных РУП «Бел НИЦ «Экология»» по Договору № 96/2022 от 31.05.22 г.

Рисунок 1 – Наличие, образование и движение отходов производства по Витебской области за период 2017–2021 гг.

По данным рисунка 1 прослеживается стабильное повышение использования отходов производства за анализируемый период, что является хорошим результатом для деревообрабатывающих предприятий Витебской области. Самое значительное сокращение (в 7,14 раза) образования отходов произошло в 2018 г. по сравнению с 2017 г.: 1,714 и 0,24 млн тонн соответственно. Большая часть отходов, образующихся в среднем за год, а также отходы, поступающие из других источников в среднем за год, используются самими предприятиями. Объем захороненных отходов на начало и конец анализируемого периода сократился в 593,32 раза. Также снижается объем отходов, остающихся на хранении на территории предприятия. В Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 г. целью в области эффективного и безопасного обращения с отходами является переход к рациональным моделям производства и потребления, а также внедрение принципов циркулярной экономики. Одним из ключевых инструментов реализации данной задачи является трансформация системы мониторинга обращения с отходами, направленная на повышение достоверности собираемых статистических сведений, их оперативности и доступности [5]. В результате проведенного анализа образования и учета отходов деревообрабатывающей промышленности Витебской области установлено, что в результате деятельности предприятий деревообрабатывающей отрасли образуется большое количество различных наименований отходов древесного сырья. Также установлено, что с каждым годом все больше используется отходов деревообрабатывающих производств, но до сих пор большая

часть отходов либо передается на захоронение, либо сжигается. Следовательно, в Витебской области прослеживается благоприятная динамика для внедрения принципов циркулярной экономики.

Повышение эффективности использования ресурсов и отходов деревообрабатывающего производства с применением методов оптимизации. Проведем анализ деятельности деревообрабатывающего предприятия с определением показателей качества его функционирования, относящихся к эффективности использования ресурсов.

Первый этап – анализ рынка с применением методов маркетинговых исследований. В результате формируется ассортимент выпускаемой продукции и определяются ряд подлежащих аналитическому описанию условий, в рамках которых осуществляется деятельность предприятия.

Второй этап – планирование своевременного обеспечения предприятия сырьем и материалами необходимого ассортимента и качества для выполнения плана по производству продукции и снижению ее себестоимости, росту прибыли и рентабельности.

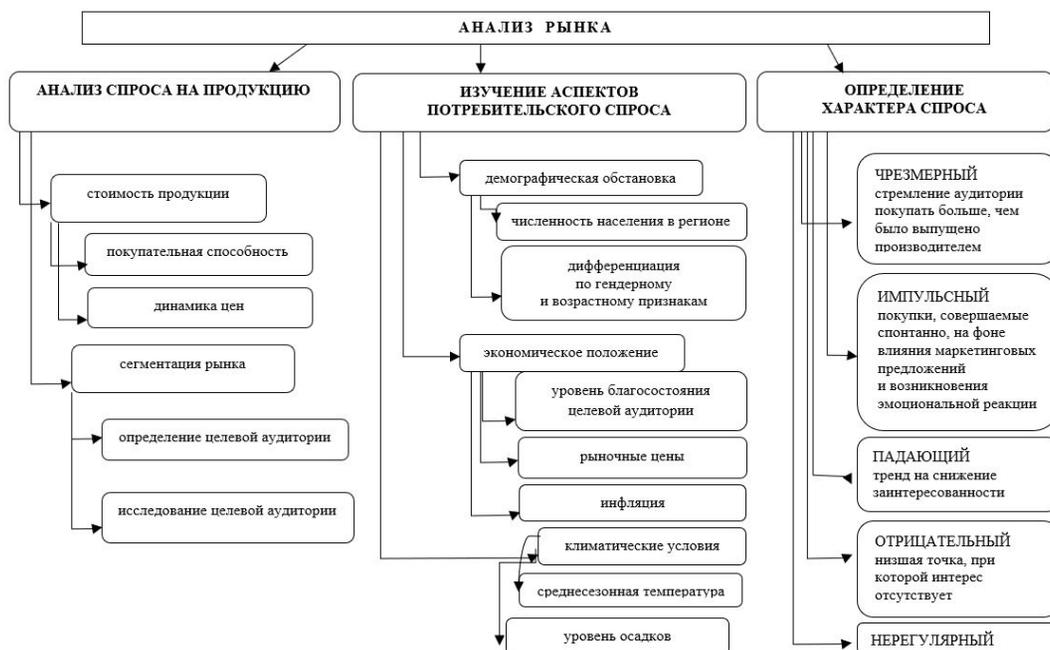
Третий этап – оценка эффективности использования лесных ресурсов на основе оптимизационных моделей, позволяющих, во-первых, сформировать план основного производства, максимизирующий прибыль предприятия, а во-вторых, наилучшим образом использовать отходы основного этапа производства, что по совокупности реализует главный принцип циркулярной экономики – рациональное использование природных ресурсов.

Рассмотрим каждый этап более подробно.

1. Анализ рынка на основе методов маркетинговых исследований.

Содержание этапа. Анализ спроса потребителей на продукцию является определяющим информационным базисом при выборе ассортимента для производства продукции, способного принести прибыль предприятию. В процессе анализа изучаются стоимость продукции и покупательная способность, проводится сегментация рынка, рассматриваются такие аспекты потребительского спроса, как демографическая обстановка, климатические условия, экономическое положение, а также определяется характер спроса.

Содержание этапа представлено на рисунке 2.



Источник: разработано авторами.

Рисунок 2 – Составляющие анализа рынка

Результат этапа: сформирован ассортимент выпускаемой продукции.

2. Анализ обеспеченности производства сырьем и материалами и их соответствия производственному плану [6].

Необходимым условием выполнения плана по производству продукции, снижению ее себестоимости, росту прибыли и рентабельности является полное и своевременное обеспечение предприятия сырьем и материалами необходимого ассортимента и качества.

В содержании этапа выделяются 4 шага.

Шаг 1. Анализ выполнения плана материально-технического снабжения и обеспеченности материальными ресурсами. Для проведения анализа необходимо проверить реальность плана, для чего изучить нормы и нормативы, положенные в основу расчета потребности предприятия в материальных ресурсах, а также проверить соответствие плана снабжения потребностям производства продукции и образования необходимых запасов исходя из прогрессивных норм расхода материала. Необходимо точное соответствие объема заказываемой продукции количеству поставляемого материала, проведение анализа качества сырья и обоснование сроков поставок.

Поставки материальных ресурсов производятся из внешних источников (поставщики ресурсов по договорам) и внутренних источников (вторичное сырье, снижение отходов сырья, экономия материалов в результате внедрения новых технологий).

Шаг 2. Оценка обеспечения потребности в материальных ресурсах договорами и их фактическое выполнение.

На этом шаге необходимо определить следующие коэффициенты [6; с. 69]:

а) коэффициент обеспечения по плану:

$$K_{\text{обесп.пл.}} = \frac{Q_{\text{м.внутр.пл.}} + Q_{\text{м.внешн.пл.}}}{Q_{\text{м.пл.}}}, \quad (1)$$

здесь $Q_{\text{м.внутр.пл.}}$ – количество планового материала, объем поставок из внутренних источников, $Q_{\text{м.внешн.пл.}}$ – плановый объем поставок в соответствии с заключенными договорами на поставку, $Q_{\text{м.пл.}}$ – плановая потребность;

б) коэффициент обеспечения фактический:

$$K_{\text{обесп.ф.}} = \frac{Q_{\text{м.внутр.факт.}} + Q_{\text{м.внешн.факт.}}}{Q_{\text{м.факт.}}}, \quad (2)$$

здесь

$Q_{\text{м.внутр.факт.}}$ – количество материала, фактический объем поставок из внутренних источников, $Q_{\text{м.внешн.факт.}}$ – фактический объем поставок в соответствии с заключенными договорами, $Q_{\text{м.факт.}}$ – фактический объем поставок из внешних источников.

Шаг 3. На этом шаге проверяется качество получаемых от поставщиков материалов на соответствие стандартам качества, техническим условиям, условиям договора и т.д. Кроме этого, проверяется выполнение плана по срокам поставки материала (ритмичности), так как нарушение сроков поставки ведет к невыполнению плана производства и реализации продукции, а также состояние складских запасов сырья и материалов.

Введем обозначения:

S – суточное потребление;

L – срок поставки, день.

Тогда текущий складской запас J составит [6]

$$J = S \cdot L. \quad (3)$$

На предприятиях устанавливаются максимальная S_{max} и минимальная нормы S_{min} запасов [6]:

$$S_{\text{max}} = S \cdot (L + L'), \quad (4)$$

$$S_{\text{min}} = S \cdot L', \quad (5)$$

где L' – время возможной задержки поставки.

Средняя норма производственного запаса с учетом страхового запаса определяется по формуле [6]

$$S_{cp} = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} = \frac{J}{2} + S_{\min}. \quad (6)$$

Страховой запас создается на случай срыва поставок и равен 50 % величины текущего запаса.

Шаг 4. На этом шаге осуществляется проверка состояния запасов на предмет выявления излишних и ненужных, что может быть установлено по данным складского учета путем сравнения прихода и расхода, а также определяются потери продукции из-за недопоставки материалов, плохое качества материалов, замена материалов, изменения цен на материалы, простоя в связи с нарушением графиков поставки.

3. Оценка эффективности использования сырья и материалов на всех этапах производства на основе оптимизационных моделей.

На этом этапе оценивается эффективность использования лесных ресурсов на основе оптимизационных моделей, позволяющих, во-первых, сформировать план основного производства, максимизирующий прибыль предприятия, и, во-вторых, наилучшим образом использовать отходы основного этапа производства, что реализует главный принцип циркулярной экономики – рациональное использование природных ресурсов.

Пусть предприятие изготавливает n видов продукции, поступающей в продажу (ассортимент продукции определен на этапе 1. Для производства продукции используются m видов сырья. Известны максимально возможные запасы каждого вида сырья в единицу времени (сутки, неделя и т.д.). Известны также оптовые цены единицы продукции каждого вида. Задача заключается в том, чтобы определить, какое количество продукции каждого вида должно быть произведено, чтобы доход от реализации был максимальным с учетом неизбежных отходов [7].

Модель задачи оптимизации производства:

1-й этап производства:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{n_1} c_j^{(1)} x_j \rightarrow \max, \\ \sum_{j=1}^{n_1} z_{ij}^{(1)} x_j \leq b_i, (\overline{i = 1, m}), \\ x_j \geq 0, j = \overline{1, n_1}; \end{cases}$$

2-й этап производства:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{n_2} c_j^{(2)} y_j \rightarrow \max, \\ \sum_{j=1}^{n_2} z_{ij}^{(2)} y_j \leq b_i - \sum_{j=1}^{n_1} z_{ij}^{(1)} y_j, (\overline{i = 1, m}), \\ y_j \geq 0, j = \overline{1, n_2}, \end{cases}$$

где n_r – ($r = \overline{1, 2}$) – количество производимой продукции на r -м ($r = \overline{1, 2}$) этапе;

m – количество видов сырья, необходимого для производства продукции на обоих этапах (считаем, что продукция, производимая на втором этапе, изготавливается из того же сырья, что и продукция, производимая на первом этапе);

b_j ($i = \overline{1, m}$) – максимальный запас сырья i -го ($i = \overline{1, m}$) вида;

$c_j^{(r)}$ ($r = \overline{1, 2}$), $j = \overline{1, n_r}$ – стоимость единицы продукции вида j ($j = \overline{1, n_r}$), производимой на этапе r ($r = \overline{1, 2}$);

$z_{ij}^{(r)}$ ($i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n_r}; r = \overline{1, 2}$) – расход сырья вида i ($i = \overline{1, m}$) на производство единицы продукции вида j ($j = \overline{1, n_r}$) на этапе r ($r = \overline{1, 2}$);

x_j ($j = \overline{1, n_1}$) – количество продукции j -го ($j = \overline{1, n_1}$) вида, производимой на 1-м этапе;

y_j ($j = \overline{1, n_2}$) – количество продукции j -го ($j = \overline{1, n_2}$) вида, производимой на 2-м этапе.

На втором этапе используются отходы основного этапа производства.

Эффективность использования ресурсов определяется прибылью (целевая функция), получаемой на обоих этапах производства.

Продукция, производимая на первом этапе, считается приоритетной. Отходы основного этапа производства могут быть отгружены сторонним организациям либо переведены в другой цех в рамках одного предприятия.

Заключение. Витебская область богата доступными лесными ресурсами и, соответственно, обладает большим потенциалом для повышения конкурентоспособности и увеличения доли присутствия на мировом рынке. В деревообрабатывающей отрасли качество ресурсов и производимой продукции из этих ресурсов определяет рынок сбыта данной продукции. Качество лесных ресурсов Витебской области позволяет производить традиционные виды продукции, а также осваивать новые. Благодаря более низким издержкам предприятий области складывается хорошая перспектива для развития деревообрабатывающей промышленности и увеличения ее доли на мировом рынке.

Концептуальный принцип в рамках данного исследования заключается в эффективном управлении ресурсами в условиях циркулярной экономики для конкурентоспособности региона на примере деревообрабатывающей отрасли и состоит в анализе рынка на основе методов маркетинговых исследований, анализе обеспеченности производства сырьем и материалами и их соответствия производственному плану и оценке эффективности использования сырья и материалов на всех этапах производства на основе оптимизационных моделей. Практическая значимость его реализации заключается в возможности прослеживания цепочки рационального использования первичного сырья в деревообрабатывающей отрасли на всех этапах жизненного цикла, начиная с момента планирования закупок сырья – первичного или вторичного, поставки и до полной утилизации продукта, а также в приближении предприятия, насколько это возможно, к малоотходному или безотходному производству, применяющему принцип рециркуляции товаров, производимых на данном предприятии с получением экономической и экологической выгод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О Государственной программе «Белорусский лес» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28 янв. 2021 г. № 52 // Pravo.by : Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – 2003–2023. – Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100052>. – Дата доступа : 01.12.2021.

2. Гаянова, А. Р. Анализ современного состояния производства и пути расширения переработки древесных отходов в промышленном комплексе / А. Р. Гаянова // World science: problems and innovations : сб. ст. XXVIII Междунар. науч.-практ. конф., Пенза, 30 янв. 2019 г. : в 2 ч. / Г. Ю. Гуляев (отв. ред.). – Пенза, 2019. – Ч. 1. – С. 73–76.

3. Ярыгина, Г. Н. Устойчивое развитие лесного комплекса в условиях циркулярной экономики (на примере Республики Беларусь и Российской Федерации) / Г. Н. Ярыгина, И. И. Шанин // Сахаровские чтения 2021 года: экологические проблемы XXI века : материалы 21-й Междунар. науч. конф., Минск, 20–21 мая 2021 г. : в 2 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Белорус. гос. ун-та ; редкол.: А. Н. Батын [и др.] ; под ред. С. А. Маскевича, М. Г. Герменчук. – Минск : ИВЦ Минфина, 2021. – Ч. 2. – 233–237 с.

4. Ярыгина, Г. Н. Кадровое обеспечение [Электронный ресурс] / Г. Н. Ярыгина, Н. А. Томашевская // Предпринимательские экосистемы: проблемы и возможности : Междунар. науч.-практ. конф., посвященная 50-летию Сыктывкарского государственного университета имени Питирима Сорокина, Сыктывкар, март 2022 : сб. науч. ст. / А. П. Шихвердиев (отв. ред.) ; Сыктыв. гос. ун-т им. Питирима Сорокина. – Сыктывкар, 2022. – С. 195–199. – 1 электрон. опт. компакт-диск (CD-ROM).

5. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 года [Электронный ресурс] // Министерство экономики Республики Беларусь. – Режим доступа : <https://economy.gov.by/uploads/files/ObsugdaemNPA/NSUR-2035-1.pdf>. – Дата доступа : 01.12.2021.

6. Комплексный экономический анализ [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М. М. Микушина [и др.]. – Екатеринбург : Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2018. – 152 с. – Режим доступа : <https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/26751/1/978-5-8050-0659-4.pdf>.

7. Афанасьев, М. Ю. Прикладные задачи исследования операций : учеб. пособие / М. Ю. Афанасьев, К. А. Багриновский, В. М. Матюшок. – М. : ИНФРА-М, 2014. – 352 с.

Поступила в редакцию 17.05.2023.

“Vesnik of Yanka Kupala State University of Grodno. Series 5. Economics. Sociology. Biology”

Vol. 13, No. 2, 2023, pp. 41–52

© Yanka Kupala State University of Grodno, 2023

Analysis and development of methods for improving the efficiency of the use of forest resources and waste of woodworking production based on optimization methods

G. N. Yarygina ¹, A. A. Daurova ²

¹ *Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk (Belarus)*

Blokhin St., 29, 211440, Navapolatsk, Belarus; e-mail: g.yarygina@psu.by

² *North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University) (Russia)*

Nikolaeva St., 44, 362021, Vladikavkaz, Russia; e-mail: albina_daurova@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the analysis and development of methods for increasing the efficiency of the use of forest resources and waste based on optimization methods. It is shown how to achieve a minimum level of woodworking waste using the principles of a circular economy, which makes it possible to trace the chain of use of primary raw materials in the woodworking industry at all stages of the production life cycle to complete recycling and/or return to the production cycle of woodworking waste to obtain new products with obtaining economic and environmental benefits. The introduction emphasizes the urgency of the problem of waste generated at woodworking enterprises, which can be reused. The purpose and objectives of the study are defined, the necessary tools to achieve the goal of the study are indicated. In the main part of the work, an analysis was made of the dynamics of the formation and accounting of waste at woodworking enterprises in the Vitebsk region. A methodology has been developed and substantiated for analyzing and improving the efficiency of using resources and wastes of woodworking production using optimization methods, which consists of three stages: market analysis based on marketing research methods, analysis of the availability of raw materials and materials and their compliance with the production plan, and evaluation of the efficiency of using raw materials and materials at all stages of production based on optimization models. At the end of the article, the results are shown, conclusions are drawn. The results obtained can be used in woodworking enterprises to reduce waste generation, obtain economic and environmental benefits and, ultimately, increase the competitiveness of the region within the national economy.

Keywords: woodworking enterprises, waste, circular economy, demand, market analysis, optimization model.

References

1. On the State Program “Belarusian Forest” for 2021-2025 [O Gosudarstvennoi programme “Belorusskii les” na 2021-2025 gody]: Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus No. 52 dated Jan. 28, 2021. *Pravo.by* : National Legal Internet Portal of the Republic of Belarus, 2003-2023 [Electronic resource].

2. Gayanova A. R. Analysis of modern condition of production and ways of the expansion of processing of wood wastes in the industrial complex [Analiz sovremennogo sostoiianiia proizvodstva i puti rasshireniia pererabotki drevesnykh otkhodov v promyshlennom komplekse]. *World science: problems and innovations : col. of articles of the 28th Intern. scient. and pract. conf.*, Penza, Jan. 30, 2019 : in 2 parts ; ed. by G. Yu. Gulyaev (ex. Ed.). Penza, 2019. Part 1, pp. 73-76.

3. Yaryhina H. N., Shanin I. I. Sustainable development of the forestry complex in a circular economy (on the example of the Republic of Belarus and the Russian Federation) [Ustoichivoe razvitie lesnogo kompleksa v usloviakh tsirkuliarnoi ekonomiki (na primere Respubliki Belarus’ i Rossiiskoi Federatsii)]. *Sakharov Readings 2021: environmental problems of the 21st century : materials of the 21st Intern. scient. conf.*, Minsk, May 20-21, 2021 : in 2 parts ; ed. board: A. N. Balyan [et al.] ; Eds.: S. A. Maskevich, M. G. Hermenchuk. Minsk, 2021, part 2, 233-237 p.

-
4. Yaryhina H. N., Tomashevskaya N. A. HR support [*Kadrovoe obespechenie*]. *Entrepreneurial ecosystems: problems and opportunities : proceedings of the Intern. scient. and pract. conf. dedicated to the 50th anniversary of the Pitirim Sorokin Syktyvkar State University*, Syktyvkar, March, 2022 ; ed. by A. P. Shikhverdiev (ex. Ed.). Syktyvkar, 2022, pp. 195-199. 1 electron. opt. compact disc (CD-ROM) [Electronic resource].
 5. National Strategy of Sustainable Development of the Republic of Belarus until 2035 [*Natsional'naya strategiya ustoichivogo razvitiia Respubliki Belarus' do 2035 goda*]. *Ministry of Economy of the Republic of Belarus* [Electronic resource].
 6. Mikushina M. M. [et al.]. Complex economic analysis [*Kompleksnyi ekonomicheskii analiz : ucheb. posobie*]. Yekaterinburg, 2018, 152 p. [Electronic resource].
 7. Afanasyev M. Yu., Bagrinovsky K. A., Matyushok V. M. Applied problems of operations research [*Prikladnye zadachi issledovaniia operatsii : ucheb. posobie*]. Moscow, 2014, 352 p.



Уважаемые авторы!

Более подробно требования к оформлению материалов, а также условия для принятия материалов см. на сайте журнала

<http://vesnik.grsu.by>