ОТЗЫВ
ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
кандидата физико-математических наук,
доцента Царьковой Евгении Геннадьевны
на диссертационную работу Иванова Алексея Викторовича
«Методика поиска оптимального решения задачи линейного раскроя для изделий промышленности строительных материалов»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)

Актуальность темы диссертационного исследования

Задачи раскроя материалов давно стали одним из классических объектов дискретной оптимизации, и для них создан развитый математический аппарат. Однако в большинстве работ потребность в заготовках считается заданной, тогда как на серийном производстве она сама определяется планом выпуска изделий, а план допускает отклонение в установленных пределах. Возникает задача более высокого уровня: выбрать план выпуска таким образом, чтобы раскрой оказался наиболее экономным. Для ее решения нужно понимать, как оптимальное значение целочисленной задачи раскроя меняется при изменении исходных данных, а этот вопрос в прикладных постановках обычно считается малозначимым и несущественным.

На предприятиях строительной промышленности значительная часть затрат на материалы приходится на арматурную сталь, поэтому снижение отходов при ее раскрое даже на доли процента дает ощутимый экономический эффект. На основании этого можно сказать, что разработка методики, позволяющей рассчитать вариант производственной программы с наименьшим отходом раскроя, является актуальной научной задачей, решению которой посвящена диссертационная работа Иванова А.В.

Структура, объем и содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 111 наименований и четырех приложений. Общий объем работы составляет 138 страниц, включая 24 рисунка и 26 таблиц. В приложениях приведены копии листов типовых серий, полная таблица допустимых шаблонов раскроя, свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и акты о внедрении результатов работы.

Во *введении* (с. 5-11) обоснована актуальность темы, показана степень ее разработанности, определены цель, задачи, объект и предмет исследования,

раскрыты новизна и значимость результатов, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В *первой главе* (с. 12-39) дан обзор существующих подходов к минимизации отходов линейного раскроя: классической постановки, раскроя с ограничениями на перепроизводство, совместной оптимизации раскроя и размеров партий, раскроя при стохастическом спросе, прикладных работ по раскрою арматуры и постановок с гибкими параметрами заказа. Показано, что ни в одной из рассмотренных постановок производственная программа не является параметром, по которому исследуется функция отходов. Особое внимание уделяется производству железобетонных изделий: автор показывает, как из чертежей типовых серий через матрицу норм расхода получаются исходные данные задачи раскроя, и на этой основе ставит научную задачу.

Вторая глава (с. 40-60) содержит необходимый математический аппарат. Последовательно рассмотрены линейное и целочисленное программирование с методами ветвей и границ и отсечений, затем модель раскроя на основе шаблонов, способы их перечисления и метод генерации столбцов со вспомогательной задачей о ранце.

В *третьей главе* (с. 61-83) разработана методика поиска производственной программы с наименьшим отходом. Автор устанавливает, что зависимость отхода от программы выпуска кусочно-линейна со скачками и имеет множество локальных минимумов, и на этом основании обосновывает выбор полного перебора. Важно, что это описание опирается на общие свойства целочисленных программ и не зависит от специфики отрасли. Методика описана поэтапно: от построения допустимого множества программ до вычисления отходов для каждой из них и выбора оптимума. Отдельно стоит отметить раздел 3.5, в котором автор сам указывает границы применимости методики и возможный путь сокращения перебора, что свидетельствует о понимании перспектив исследования.

Четвертая глава (с. 84-106) посвящена экспериментальной проверке методики на задачах раскроя арматуры перемычек и колонн по типовым сериям. Автор показывает, что в одной задаче выбор программы дает заметное снижение отходов, а в другой такое снижение невозможно, и в этом случае методика позволяет обоснованно перейти к сравнению вариантов мерной длины проката. Вычислительные эксперименты подтверждают работоспособность методики и согласуются с теоретическими выводами третьей главы.

Научная новизна диссертационной работы

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:

1. Предложена новая постановка задачи линейного раскроя, в которой вектор выпуска изделий перестает быть исходными данными и становится

переменной, принимающей значения из конечного множества, заданного нормативным допуском на перевыполнение плана. Критерием выбора служит минимум отходов раскроя.

2. Исследованы свойства отходов как функции производственной программы (аргумента). Выявлено, что эта функция немонотонна, имеет скачки и множество локальных минимумов. Поэтому градиентные и локальные методы поиска экстремумов не гарантируют нахождения наилучшей программы.

3. Разработана методика, в которой программа выпуска изделий через матрицу норм расхода переводится в потребность в заготовках. Для каждой допустимой программы решается задача раскроя, а полный перебор конечного множества программ обеспечивает гарантированный глобальный минимум отходов.

Теоретическая значимость работы

Теоретическая значимость работы заключается в том, что автором исследована зависимость отходов раскроя от производственной программы (плана выпуска изделий) и показано, что наличие у нее множества локальных минимумов следует из общих свойств задач целочисленного программирования, а не из особенностей конкретного примера. Поэтому полученные выводы не зависят от специфики отрасли и могут быть применены на других предприятиях, раскраивающих длинномерные материалы.

Практическая ценность диссертационной работы

Практическая ценность работы подтверждается разработкой программного средства, которое по номинальному плану, нормам расхода и мерной длине материала определяет производственную программу с наименьшим отходом. Программное средство позволяет также сравнивать варианты мерной длины закупаемого проката и выбирать наиболее экономный из них. В задаче с перемычками методика снизила отход на 7,8%, а для колонн обосновала переход на пруток длиной 11,7 м.

Достоверность основных положений, выводов и результатов работы

Достоверность выводов и результатов работы подтверждается корректным применением методов целочисленного линейного программирования, корректной постановкой задачи на конечном множестве допустимых программ, вычислительным экспериментом на двух задачах с исходными данными из чертежей типовых серий и согласованностью его результатов с теоретическими выводами о характере функции отходов. Представлены акт испытаний в АО «ТЖБИ-4» и акты об использовании результатов исследования в АО «Специальное конструкторское бюро средств управления» и ООО «Проектно-конструкторское бюро автоматизации производств». По результатам работы получено два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Оформление диссертации, публикации, апробация, содержание автореферата

Диссертация оформлена технически грамотно и проиллюстрирована необходимым количеством графического материала. Главы диссертации логически взаимосвязаны между собой и направлены на достижение поставленной цели, каждая глава завершается выводами. Название работы соответствует ее направлению и содержанию. Список литературы включает публикации по рассматриваемой проблематике, на которые в тексте диссертации имеются ссылки.

Основные положения и результаты работы прошли апробацию на трех международных научно-практических конференциях (Пенза, 2021-2024) и обсуждались на научных семинарах кафедры ЭВМ ТвГТУ. По теме диссертации опубликовано 8 работ, из них 5 статей в рецензируемых изданиях перечня ВАК, что позволяет считать их количество и содержание достаточным.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Но имеются замечания по диссертационной работе.

По моему мнению:

1. В первой главе недостаточно полно представлен анализ отечественного опыта в области оптимизации раскроя арматурного проката (стр. 14-21).

2. В программном средстве не предусмотрен вывод схем раскроя в форме, пригодной для передачи на участок заготовки.

3. В примере раздела 3.4.5 (с. 81-82) не предложен критерий выбора среди производственных программ с одинаковым наименьшим отходом.

4. Не указано, решалась ли задача раскроя для каждой допустимой программы до доказанного оптимума, хотя от этого зависит гарантия нахождения глобального минимума (стр. 88-89).

5. Вторая глава содержит излишне подробное изложение общеизвестных сведений о методах линейного и целочисленного программирования.

Указанные замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы, ее научной новизны и практической значимости.

Заключение

В диссертационной работе Иванова Алексея Викторовича решена актуальная научная задача выбора производственной программы выпуска изделий с наименьшим отходом линейного раскроя в соответствии с п. 4 «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта» и п. 5 «Разработка специального математического и

алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта» паспорта научной специальности 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Диссертационная работа «Методика поиска оптимального решения задачи линейного раскроя для изделий промышленности строительных материалов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки), соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Иванов Алексей Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Официальный оппонент:

Кандидат физико-математических наук, доцент,
доцент кафедры информационных систем и методов искусственного интеллекта
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» Е.Г. Царькова

«09» ноября 2026 г.

Царькова Евгения Геннадьевна
Почтовый адрес: 170100, г. Тверь, ул. Желябова, д. 33
Телефон: +7 (920) 695-78-25
E-mail: Tsarkova.EG@tversu.ru

Подпись Царьковой Е.Г. удостоверяю
Ученый секретарь совета
образовательной организации
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» М.В. Мороз