

УДК 33

DOI: 10.34670/AR.2024.23.76.038

Применение линейного программирования для оптимизации производственных процессов в современных предприятиях

Баракин Борис Сергеевич

Менеджер по логистике,
торговый дом «Уралхим»,
123317, Российская Федерация, Москва, Пресненская наб., 6с2;
e-mail: info@uralchem.ru

Ульянов Виктор Игоревич

Генеральный директор,
ООО «РТИ-Менеджмент»,
119517, Российская Федерация, Москва, Аминьевское ш., 6;
e-mail: info@uralchem.ru

Аннотация

Оптимизация производственных процессов представляет собой ключевую задачу для любой современной компании, стремящейся к повышению своей эффективности и конкурентоспособности в условиях постоянно меняющейся рыночной среды. В условиях глобализации и быстрых темпов технологических изменений, способность максимально эффективно использовать ресурсы и минимизировать затраты становится залогом выживания и процветания. Оптимизация производственных процессов позволяет предприятиям уменьшать издержки, улучшать качество продукции и услуг, а также сокращать время выполнения заказов, что в конечном итоге ведет к повышению уровня удовлетворенности клиентов и увеличению прибыли. Процесс оптимизации включает в себя анализ и пересмотр всех этапов производства, начиная от закупки сырья и заканчивая доставкой конечного продукта потребителю. Внедрение передовых методов планирования, современных технологий и автоматизации процессов помогает значительно улучшить показатели эффективности. Снижение затрат на производство подразумевает не только экономию материальных и энергетических ресурсов, но и оптимизацию трудозатрат. Это достигается благодаря внедрению инновационных решений, таких как роботизация, использование искусственного интеллекта и машинное обучение. Линейное программирование, как один из инструментов математического моделирования, играет важнейшую роль в оптимизации производственных процессов. Оно позволяет искать оптимальные решения для управления ресурсами и планирования производства. Задачи линейного программирования включают максимизацию прибыли или минимизацию затрат при наличии ряда ограничений, таких как доступность ресурсов, производственные мощности и время.

Для цитирования в научных исследованиях

Баракин Б.С., Ульянов В.И. Применение линейного программирования для оптимизации производственных процессов в современных предприятиях // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2024. Том 14. № 6А. С. 363-373. DOI: 10.34670/AR.2024.23.76.038

Ключевые слова

Ресурсы, ограничения, программирование, решения, прибыль.

Введение

Модель линейного программирования состоит из объективной функции, переменных и ограничений. Объективная функция представляет собой цель оптимизации, например, максимизация прибыли. Переменные – это те элементы, которые могут быть изменены в процессе оптимизации, такие как количество продукции, время работы оборудования и расход материалов. Ограничения – это условия, которые должны быть выполнены при поиске оптимального решения, такие как ограничения на ресурсы, производственные мощности и технологические требования.

Основная часть

Одним из ключевых этапов в линейном программировании является формулирование задачи. Это включает в себя определение всех необходимых параметров и установление взаимосвязей между ними. Важным аспектом также является сбор и анализ данных, которые будут использоваться для построения модели. В производственных процессах данные могут включать информацию о затратах на сырье и материалы, трудозатратах, мощностях оборудования, сроках выполнения работ и многом другом [Бром, 2021]. После того как модель сформулирована, используется методика решения, которая помогает найти оптимальные значения переменных, удовлетворяющие всем ограничениям и максимизирующие или минимизирующие объективную функцию.

Среди методик решения задач линейного программирования наиболее распространенным является симплекс-метод, разработанный Джорджем Данцигом в середине 20 века. Симплекс-метод позволяет эффективно решать задачи большой размерности, что особенно важно для сложных производственных систем. С помощью компьютерных программ и пакетов прикладного программного обеспечения задачи линейного программирования могут быть решены быстро и точно, что делает этот инструмент незаменимым в современной экономике.

Помимо линейного программирования, важным аспектом оптимизации производственных процессов является внедрение систем управления производством (MES) и систем управления ресурсами предприятия (ERP). Эти системы обеспечивают интеграцию и автоматизацию бизнес-процессов, что способствует более эффективному управлению всеми ресурсами предприятия. MES-системы позволяют собирать данные в реальном времени, отслеживать и контролировать каждый этап производственного процесса, обеспечивая прозрачность и оперативное реагирование на любые изменения и отклонения. ERP-системы объединяют все ключевые бизнес-функции в единую информационную среду, что позволяет улучшить координацию и взаимодействие между различными подразделениями (табл. 1).

**Таблица 1 - Типовые задачи линейного программирования для
производственных процессов**

Задача	Описание	Пример
Оптимизация производства и распределения ресурсов	Минимизация затрат или времени на производство при ограниченных ресурсах	Максимизация выпуска продукции в условиях ограниченной работы станков и рабочей силы
Планирование ассортимента продукции	Решение о том, какие виды продукции и в каком объеме производить	Определение оптимального ассортимента продукции для максимизации прибыли
Управление запасами	Оптимизация уровня запасов для минимизации затрат на хранение и дефициты	Решение проблемы минимизации затрат на выполнение заказов и держание запасов
Оптимизация цепочки поставок	Планирование и контроль производства и поставок по всей цепочке	Поддержание минимальных операционных затрат при стабильной поставке товаров клиентам

Оптимизация производственных процессов способствует улучшению качества продукции и соблюдению стандартов безопасности и экологии. Качественная продукция является ключевым фактором для удовлетворения потребностей клиентов и укрепления их доверия к бренду. Внедрение системы управления качеством позволяет оперативно выявлять и устранять дефекты, минимизировать количество брака и возвратов, а также повышать результативность и удовлетворенность работы персонала. Современные производственные предприятия уделяют большое внимание экологической устойчивости и сохранению природных ресурсов [Коваль, 2022]. Оптимизация использования материалов и энергии помогает сократить вредные выбросы и отходы, что позитивно сказывается на окружающей среде и снижает экологические риски.

Одним из важных аспектов оптимизации производственных процессов является обучение и развитие персонала. Квалифицированные сотрудники, обладающие необходимыми знаниями и навыками, играют решающую роль в успешной реализации оптимизационных проектов. Компании должны инвестировать в программы обучения и повышения квалификации, чтобы обеспечить постоянное совершенствование навыков и компетенций своих сотрудников. Обучение помогает работникам лучше понимать современные методы и технологии, что способствует более эффективному выполнению их обязанностей и повышению продуктивности.

Важным критерием успеха в оптимизации производственных процессов является культурный аспект и отношение сотрудников к изменениям. Продуктивная и положительная корпоративная культура, поддержка со стороны руководства и вовлеченность работников всех уровней – это залог успешного внедрения инноваций и постоянного улучшения производственных процессов. Сотрудники должны чувствовать свою причастность к успешному развитию компании, понимать цели и пользу оптимизационных мероприятий. Вовлеченность и активное участие персонала в процессах изменений способствует более быстрому и эффективному достижению поставленных задач [Трипкош, 2023].

Кроме того, важно отметить значимость информационных технологий и цифровизации в контексте оптимизации производственных процессов. Современные информационные системы и технологии позволяют автоматизировать множество рутинных операций, собирать и анализировать большое количество данных, создавать «цифровые двойники» производственных объектов и процессов. Цифровые двойники позволяют моделировать и

тестировать различные сценарии еще до их внедрения в реальных условиях, что значительно уменьшает риски и помогает найти наилучшие решения для оптимизации производственных процессов (табл. 2).

Таблица 2 - Основные компоненты модели линейного программирования

Компонент	Описание
Переменные решений	Переменные, по которым принимаются оптимизационные решения
Целевая функция	Функция, представляющая цель оптимизации (например, минимизация затрат)
Ограничения	Математические выражения, определяющие ограничения ресурсов и условий
Коэффициенты	Стоимости, коэффициенты в целевых функциях и ограничениях

Заключительным аспектом, подлежащим постоянному мониторингу и оценке, является эффективность внедренных оптимизационных мер. Регулярный аудит, анализ ключевых показателей производительности и финансовые отчеты позволяют своевременно выявлять отклонения и принимать корректирующие меры. Показатели эффективности, такие как уровень использования оборудования, производительность труда, время выполнения заказов, качество продукции и уровень затрат, позволяют оценить результативность и экономическую целесообразность проведенных мероприятий. Важно помнить, что процесс оптимизации не имеет конечной точки и требует постоянного внимания и регулярных улучшений для поддержания конкурентоспособности и адаптации к изменениям внешней среды.

Таким образом, оптимизация производственных процессов является многосторонним и сложным процессом, включающим анализ всех аспектов производства, от планирования и управления ресурсами до внедрения современных технологий и методов [Бахтиярова, 2023]. Линейное программирование, как эффективный инструмент математического моделирования, позволяет находить оптимальные решения для улучшения производственной деятельности. Внедрение передовых информационных технологий, систем управления производством и ресурсами, обучение и развитие персонала, а также постоянный мониторинг и оценка эффективности являются ключевыми составляющими успешной оптимизации производственных процессов.

Линейное программирование является мощным математическим инструментом, применяемым для оптимизации производственных процессов. Этот метод используется для нахождения наилучшего решения в задачах, где необходимо максимизировать или минимизировать некоторое целевое значение, например, прибыль, затраты или время. В математическом подходе к линейному программированию используются уравнения и неравенства для описания ограничений и целевых функций.

Примером задачи, решаемой с помощью линейного программирования, может быть оптимизация производства на заводе. Представьте себе предприятие, производящее два вида продукции: А и В. Каждое изделие требует определенного количества сырья, рабочей силы и времени на производство. Производственный процесс может быть ограничен доступностью этих ресурсов, а целью может стать максимизация прибыли. Для этого необходимо составить математическую модель, включающую уравнения, описывающие затраты и ограничения на ресурсы, плюс уравнение прибыли от каждого вида продукции. Решение такой задачи линейного программирования позволит определить оптимальное количество продукции А и В, которое нужно производить для достижения максимальной прибыли (табл. 3).

Таблица 3 - Примеры переменных решений и ограничений

Примеры переменных решений	Примеры ограничений
Количество выпускаемой продукции каждого типа	Время работы оборудования связано с доступными рабочими часами
Объем поставок от разных поставщиков	Ограничения на вместимость склада
Количество задействованных работников	Бюджетные ограничения на закупки материалов
Количество транспортных средств	Экологические нормативы на выбросы

Другим примером применения линейного программирования является планирование транспортировки товаров [Лазарев, 2023]. Предположим, что у компании есть несколько складов и несколько распределительных центров. Задача состоит в том, чтобы минимизировать затраты на транспортировку товаров при соблюдении требований на все объемы поставок. Модель линейного программирования будет включать в себя переменные, представляющие количество товаров, отправляемых из каждого склада в каждый центр, а также ограничения на объемы, которые могут быть перевезены. Функция стоимости будет учитываться в современном подходе к решению данной задачи.

Производственные процессы могут быть сложными и включать множество этапов и взаимосвязей. Например, на заводе может осуществляться сборка продукции из нескольких комплектующих, каждая из которых производится на отдельной линии или закупается у поставщиков. Задача оптимизации может включать моделирование всех этих процессов и ресурсов, участвующих в их выполнении. Важно также учитывать временные ограничения и условия доставки комплектующих, сроки выполнения заказов и рабочие смены сотрудников.

Моделирование производственных процессов с применением линейного программирования может значительно повысить эффективность предприятия. Оно позволяет детально проанализировать текущую ситуацию, выявить узкие места и предложить оптимальные способы их устранения. Например, можно определить оптимальный график использования различных производственных линий с учетом максимальной загрузки оборудования и минимальных простоев.

Процесс построения модели включает в себя три основных этапа: формулировка задачи, построение модели и решение модели. На первом этапе осуществляется сбор данных о производственном процессе, включая ресурсы, затраты и ограничения. Затем разрабатывается математическая модель, включающая переменные, уравнения и целевые функции. На завершающем этапе используется специализированное программное обеспечение для решения модели. Полученное решение помогает определить оптимальные стратегии, которые могут быть внедрены в реальную производственную среду.

Существует множество отраслей, в которых линейное программирование может найти свое применение [Ташкинов, 2022]. В сельском хозяйстве, например, можно оптимизировать использование земельных участков, определяя, сколько и каких культур следует засеять для максимизации урожая при минимальных затратах на удобрения и воду. В строительстве – планирование проектов, использование бригад и материалов для минимизации сроков и затрат на строительство.

Эффективное управление производственными процессами требует четкого понимания всех аспектов производства, а линейное программирование предоставляет инструменты для этого понимания. Современные информационные технологии, такие как системы управления производством и ERP-системы (Enterprise Resource Planning), часто включают модули для

линейного программирования и оптимизации. Это позволяет интегрировать математические модели непосредственно в систему управления, делая автоматизацию еще более мощной и полезной.

Важной составляющей успешного применения линейного программирования является способность менеджеров и аналитиков правильно интерпретировать и использовать результаты решения. Это требует определенных знаний в области математики и статистики, а также понимания специфики производства и бизнеса компании. Однако инвестиции в образовательные программы и тренинги для сотрудников могут окупиться с лихвой благодаря значительному улучшению производственных показателей.

Стоит отметить, что линейное программирование – это не панацея и не всегда может дать идеальные решения. В некоторых случаях может потребоваться более сложное математическое моделирование, включающее нелинейные зависимости или стохастические факторы, моделируемые с помощью методов теории вероятностей. В таких случаях может использоваться нелинейное программирование, имитационное моделирование или другие методы операционного исследования [Морозов и др., 2022].

Тем не менее, даже в случаях сложных производственных процессов линейное программирование может служить хорошей основой для первоначального анализа и оптимизации. Оно позволяет быстро и эффективно выявить основные зависимости и ограничения, оценить влияние различных факторов на общую эффективность и предложить направления для дальнейшего исследования и улучшений.

Подводя итог, можно сказать, что линейное программирование предоставляет мощные инструменты для оптимизации производственных процессов в различных отраслях. Благодаря возможностям моделирования и анализа, оно помогает предприятиям достигать лучших результатов, снижать затраты и повышать прибыльность. В условиях быстро меняющегося мира и растущей конкуренции, применение таких методов становится не просто желательным, а необходимым элементом современного управления производством.

Линейное программирование обладает значительным потенциалом для повышения эффективности и снижения затрат на предприятиях. Основное преимущество применения этого метода заключается в способности вычислить оптимальное распределение ресурсов для достижения поставленных целей. В условиях конкурентного рынка, когда любой ресурс, будь то сырье, рабочая сила или время, важно использовать максимально эффективно, линейное программирование становится важным инструментом для менеджеров и производственных инженеров [Ибулаев, 2021].

Современные предприятия сталкиваются с огромными объемами данных и сложными задачами планирования, и использование линейного программирования помогает организовать и структурировать эти данные, выявляя лучшие решения. С его помощью можно быстро определить оптимальные стратегии, минимизировать потери и сократить расходы. Например, линейное программирование позволяет найти наилучшее сочетание производимых товаров, чтобы максимизировать прибыль или минимизировать затраты, что особенно важно в условиях ограниченных ресурсов и жесткой конкуренции.

Еще одно ключевое преимущество линейного программирования на предприятиях заключается в способности оптимизировать использование различных типов ресурсов. Будь то человеческие, материальные или финансовые ресурсы, этот метод позволяет разработать планы, которые наиболее эффективно используют их для достижения целей организации. Например, в

производственном процессе можно оптимизировать способ распределения рабочих смен, сырья и оборудования для сокращения времени простоя и повышения общей производительности.

Кроме того, линейное программирование способствует улучшению процесса принятия решений на всех уровнях управления. Благодаря этому методу, менеджеры могут лучше понимать последствия различных сценариев и действий, принимать обоснованные решения и минимизировать риски. Это особенно важно в условиях неопределенности и постоянных изменений на рынке. Будучи основой для объективного анализа и планирования, линейное программирование позволяет сделать процесс принятия решений более прозрачным и предсказуемым (табл. 4).

Таблица 4 - Преимущества применения линейного программирования в производственных процессах

Преимущество	Описание
Повышение эффективности использования ресурсов	Более рациональное распределение ресурсов для производства
Снижение затрат	Оптимизация процессов позволяет снизить производственные и операционные затраты
Улучшение планирования и принятия решений	Обоснование решений на основе количественного анализа и моделирования
Увеличение адаптивности	Быстрое реагирование на изменения в потребительском спросе и рыночных условиях

Повышение эффективности производства является еще одним важным аспектом использования линейного программирования. В условиях ресурсного дефицита и роста затрат на их приобретение, грамотное планирование и оптимальное распределение ресурсов способствуют достижению максимальной производительности при минимальных затратах [Первун, 2022]. Это комплексный процесс, который включает в себя оптимизацию производственных процессов, логистики и управления запасами. Такой подход позволяет не только снижать себестоимость продукции, но и улучшать качество обслуживания клиентов.

В сфере логистики и цепочек поставок линейное программирование становится незаменимым инструментом. С его помощью можно оптимизировать маршруты доставки, минимизировать затраты на транспортировку и управление складами. Для крупных торговых и производственных компаний это позволяет существенно снизить расходы на логистику и поддерживать высокий уровень обслуживания клиентов. Оптимизация маршрутов доставки, выбор самых выгодных способов и видов транспорта, а также планирование складских запасов – все это можно решить с помощью линейного программирования.

Применение линейного программирования позволяет предприятиям лучше контролировать свои финансовые потоки и сократить издержки. В финансовом планировании этот метод помогает найти оптимальные варианты размещения капитала, управления долгами и активами, минимизируя расходы на проценты и комиссии. Например, при управлении портфелем ценных бумаг линейное программирование позволяет определять наиболее выгодные стратегии инвестирования, наилучшее сочетание активов для достижения максимальной доходности при минимальных рисках. Таким образом, финансовая стабильность и устойчивость предприятия находятся на более высоком уровне.

В производстве и операциях линейное программирование используется для решения задач планирования и контроля производства. Это позволяет снизить затраты на производственный

процесс, улучшить использование оборудования и сократить время перепроизводства. Например, оптимизация загрузки производственных линий и планирование работы оборудования с использованием линейного программирования позволяет достичь высокой производительности при минимальных затратах ресурсов. Также это снижает вероятностные задержки и простои оборудования, что положительно сказывается на общей производительности и рентабельности предприятия.

Линейное программирование также помогает в управлении запасами. Оптимизация процессов закупок и хранения товаров позволяет снизить затраты на содержание складов и избежать излишек или дефицита продукции. Это особенно важно для предприятий с большой номенклатурой товаров и высокими требованиями к точности планирования. Благодаря линейному программированию можно определить оптимальное количество запасов, минимизировать затраты на их хранение и снизить риски задержек поставок. Такой подход улучшает общую гибкость и адаптивность предприятия к изменениям спроса и предложения на рынке.

Как инструмент стратегического планирования, линейное программирование помогает предприятиям принимать более обоснованные решения по долгосрочным планам развития. Применение этого метода позволяет оценить различные сценарии развития и выбрать наилучший путь к достижению поставленных целей. Это включает в себя разработку стратегий расширения рынка, внедрения новых технологий или продуктов, а также оптимизации производственных мощностей. Использование линейного программирования в стратегическом планировании позволяет учитывать все возможные переменные и риски, что укрепляет позиции предприятия на рынке и повышает его конкурентоспособность.

Инновационные технологии и прогрессивные методы управления требуют использования сложных математических моделей и алгоритмов, и линейное программирование становится незаменимым инструментом для анализа и оптимизации процессов в таких условиях. Это повышает уровень аналитических и управленческих способностей предприятия, делает его более адаптивным к внешним изменениям и текущим вызовам [Ипполитова, 2023]. В условиях постоянного технологического прогресса и быстро меняющейся рыночной среды, способность предприятия быстро реагировать на изменения и эффективно использовать свои ресурсы становится критическим фактором успеха.

Рост и развитие предприятий в значительной мере зависят от их способности эффективно использовать свои ресурсы, и линейное программирование играет ключевую роль в этом процессе. Благодаря этому методу, предприятия могут не только улучшить свою оперативную деятельность, но и выработать долгосрочные стратегии, направленные на устойчивое развитие и рост. Это включает в себя улучшение внутренней и внешней логистики, оптимизацию производственных процессов и внедрение новых технологий и инноваций.

Заключение

Линейное программирование является мощным инструментом для повышения эффективности и снижения затрат на предприятиях различных отраслей. Оно позволяет оптимизировать использование ресурсов, улучшить процесс принятия решений, повысить производительность и конкурентоспособность предприятий. В условиях современного быстроменяющегося рынка линейное программирование предоставляет предприятиям

реальные конкурентные преимущества, помогая им достигать высокого уровня рентабельности и устойчивого развития. Абсолютно очевидно, что навыки и методы использования линейного программирования становятся обязательными для руководителей и специалистов, стремящихся вывести свою компанию на новый уровень успеха.

Библиография

1. Бахтиярова О.Н. Применение симплекс-метода для решения задач линейного программирования в курсе дисциплин «Исследование операций» и «Методы оптимизации» // *Modern European Researches*. 2023. Т. 1. № 3. С. 5-16.
2. Бром А.Е. Разработка алгоритма линеаризации оптимизационной задачи планирования производственной программы // *Наука и бизнес: пути развития*. 2021. № 11 (125). С. 86-91.
3. Ибулаев Р.Г. Совершенствование системы планирования производственной деятельности нефтеперерабатывающих предприятий Группы ЛУКОЙЛ // *Мир нефтепродуктов*. 2021. № S2. С. 40-43.
4. Ипполитова В.В. Применение задачи линейного программирования (ЗЛП) на практике // *Тенденции развития науки и образования*. 2023. № 93-8. С. 30-33.
5. Коваль А.Л. Внедрение элементов информационных технологий в управление производственным процессом // *Транспортное дело России*. 2022. № 2. С. 110-113.
6. Лазарев С.В. Способ анализа проблем в бережливом производстве // *Стандарты и качество*. 2023. № 8. С. 106-107.
7. Морозов Г.М. и др. Формирование производственной программы с учетом экологических аспектов // *Московский экономический журнал*. 2022. Т. 7. № 6. С. 458-464.
8. Первун О.Е. Оптимизация и исследование задач линейного программирования средствами приложения R // *Информационно-компьютерные технологии в экономике, образовании и социальной сфере*. 2022. № 4 (38). С. 87-92.
9. Ташкинов А.Г. Использование проектного подхода к повышению эффективности инструментального производства в машиностроении // *Инновации в менеджменте*. 2022. № 3(33). С. 24-31.
10. Трипкош В.А. Применение инструментов бережливого производства на основе байесовского алгоритма распознавания // *Современные наукоемкие технологии*. 2023. № 3. С. 40-44.

The use of linear programming to optimize production processes in modern enterprises

Boris S. Barakin

Logistics Manager,
Uralchem Trading House,
123317, 2, 6, Presnenskaya emb., Moscow, Russian Federation;
e-mail: info@uralchem.ru

Viktor I. Ul'yanov

CEO of RTI-Management LLC
119517, 6, Amin'evskoe h., Moscow, Russian Federation;
e-mail: info@uralchem.ru

Abstract

Optimization of production processes is a key task for any modern company striving to improve its efficiency and competitiveness in an ever-changing market environment. In the context of

globalization and the rapid pace of technological change, the ability to maximize the efficient use of resources and minimize costs becomes the key to survival and prosperity. Optimization of production processes allows enterprises to reduce costs, improve the quality of products and services, as well as reduce order fulfillment time, which ultimately leads to increased customer satisfaction and increased profits. The optimization process includes the analysis and revision of all stages of production, starting from the purchase of raw materials and ending with the delivery of the final product to the consumer. The introduction of advanced planning methods, modern technologies and process automation helps to significantly improve performance indicators. Reducing production costs implies not only saving material and energy resources, but also optimizing labor costs. This is achieved through the introduction of innovative solutions such as robotics, the use of artificial intelligence and machine learning. Linear programming, as one of the tools of mathematical modeling, plays a crucial role in optimizing production processes. It allows you to search for optimal solutions for resource management and production planning. Linear programming tasks include maximizing profits or minimizing costs when there are a number of constraints, such as resource availability, production capacity, and time.

For citation

Barakin B.S., Ul'yanov V.I. (2024) Primenenie lineinogo programmirovaniya dlya optimizatsii proizvodstvennykh protsessov v sovremennykh predpriyatiyakh [The use of linear programming to optimize production processes in modern enterprises]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 14 (6A), pp. 363-373. DOI: 10.34670/AR.2024.23.76.038

Keywords

Resources, constraints, programming, solutions, profit.

References

1. Bakhtiyarova O.N. (2023) Primenenie simpleks-metoda dlya resheniya zadach lineinogo programmirovaniya v kurse distsiplin «Issledovanie operatsii» i «Metody optimizatsii» [Application of the simplex method for solving linear programming problems in the course of disciplines "Operations Research" and "Optimization Methods"]. *Modern European Researches*, 1, 3, pp. 5-16.
2. Brom A.E. (2021) Razrabotka algoritma linearizatsii optimizatsionnoi zadachi planirovaniya proizvodstvennoi programmy [Development of an algorithm for linearization of the optimization problem of planning the production program]. *Nauka i biznes: puti razvitiya* [Science and Business: Development Paths], 11 (125), pp. 86-91.
3. Ibulaev R.G. (2021) Sovershenstvovanie sistemy planirovaniya proizvodstvennoi deyatelnosti neftepererabatyvayushchikh predpriyatii Gruppy LUKOIL [Improving the production planning system of oil refineries of the LUKOIL Group]. *Mir nefteproduktov* [World of Oil Products], S2, pp. 40-43.
4. Ippolitova V.V. (2023) Primenenie zadachi lineinogo programmirovaniya (ZLP) na praktike [Application of the linear programming problem (LPP) in practice]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends in the development of science and education], 93-8, pp. 30-33.
5. Koval' A.L. (2022) Vnedrenie elementov informatsionnykh tekhnologii v upravlenie proizvodstvennym protsessom [Implementation of elements of information technology in production process management]. *Transportnoe delo Rossii* [Transport business of Russia], 2, pp. 110-113.
6. Lazarev S.V. (2023) Sposob analiza problem v berezhlivom proizvodstve [Method of analyzing problems in lean manufacturing]. *Standarty i kachestvo* [Standards and quality], 8, pp. 106-107.
7. Morozov G.M. et al. (2022) Formirovaniye proizvodstvennoi programmy s uchetom ekologicheskikh aspektov [Formation of a production program considering environmental aspects]. *Moskovskii ekonomicheskii zhurnal* [Moscow Economic Journal], 7, 6, pp. 458-464.
8. Pervun O.E. (2022) Optimizatsiya i issledovanie zadach lineinogo programmirovaniya sredstvami prilozheniya R [Optimization and study of linear programming problems by means of the R application]. *Informatsionno-komp'yuternye*

tekhnologii v ekonomike, obrazovanii i sotsial'noi sfere [Information and computer technologies in economics, education and social sphere], 4 (38), pp. 87-92.

9. Tashkinov A.G. (2022) Ispol'zovanie proektnogo podkhoda k povysheniyu effektivnosti instrumental'nogo proizvodstva v mashinostroenii [Using a project approach to improving the efficiency of tool production in mechanical engineering]. *Innovatsii v menedzhmente* [Innovations in management], 3 (33), pp. 24-31.
10. Tripkosh V.A. (2023) Primenenie instrumentov berezhlivogo proizvodstva na osnove baiesovskogo algoritma raspoznavaniya [Application of lean manufacturing tools based on the Bayesian recognition algorithm]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern science-intensive technologies], 3, pp. 40-44.