

УДК 519.8

DOI: 10.22213/2410-9304-2024-2-49-56

## Многокритериальная модель управления производственным планом выпуска продукции машиностроительного предприятия

А. В. Демьшев, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

С. В. Вологдин, доктор технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

*Приводится концепция разработки интеллектуальной системы для управления планированием производственного предприятия, описание функциональных возможностей, модулей информационной системы.*

*В общем случае оперативное планирование представляет собой сложную задачу оптимизации построения производственного плана, которая включает в себя несколько критериев и сталкивается с разнообразными ограничениями. Многокритериальность связана с необходимостью приоритетного выполнения заказов в соответствии с законодательством, а нелинейность задачи обусловлена технологическими ограничениями производства. Одним из критериев является максимизация исполнения контрактных обязательств поставки продукции заказчикам. Другим критерием является максимизация прибыли от реализации всего ассортимента производимой продукции. Ограничениями в данной задаче являются вместимость склада, доступность сырья и комплектующих, время выполнения операций, загруженность оборудования и приоритетность заказов.*

*Рассмотрены два подхода к решению оптимизационной задачи управления производственным планом, приводятся блок-схемы реализации предложенных алгоритмов. В первом подходе исходная задача сводится к комбинации задач линейного программирования, для решения которых на практике используются симплекс-метод или метод Гомори. Более эффективным подходом к решению поставленной экстремальной задачи является применение генетического алгоритма и его модификаций.*

*Научная новизна проведенных исследований заключается в системном применении методов математического и компьютерного моделирования для построения оптимального оперативного плана выпуска продукции. Опыт практического внедрения программных комплексов подтверждает, что интеллектуальные системы управления производственным планом способны повысить эффективность бизнес-процессов предприятий, позволяя организациям оптимально планировать производство и распределять ресурсы в рыночных условиях.*

**Ключевые слова:** машиностроительное предприятие, объемно-календарное планирование, планирование производства, интеллектуальная система, генетический алгоритм.

### Введение

Целью проводимого исследования является создание концепции построения интеллектуальной системы, разработки математической модели и алгоритмов решения управления производственным планом выпуска продукции машиностроительного предприятия в современных рыночных условиях. Разрабатываемая модель предназначена для оптимального управления планом производства с целью повышения эффективности бизнес-процессов предприятия с минимизацией простоев производственного оборудования, эффективным управлением складских запасов продукции, сырья и комплектующих.

Планирование объемов и сроков выполнения производственной программы является важным элементом системы планирования деятельности промышленного предприятия [1].

По сравнению с объемным планированием оно позволяет более детально учесть технологические ограничения производства [2] и сформировать не только оперативный краткосрочный план производства на каждый день и (или) неделю, но и на более длительный срок (месяц, квартал).

В общем случае оперативное планирование является многокритериальной и нелинейной задачей оптимизации построения производственного плана. Многокритериальность обусловлена необходимостью соблюдения приоритетных заказов [3] в рамках необходимости добросовестного исполнения договорных обязательств в соответствии с российским законодательством [4], а нелинейность задачи оптимизации обусловлена технологическими ограничениями многооперационного производства продукции [5].

### Интеллектуальная система управления производственным планом выпуска продукции

Интеллектуальная система управления производственным планом выпуска продукции в перспективе должна иметь следующие функциональные возможности:

- модуль авторизации;
- модуль базы данных и базы знаний:

а) ввод, загрузка и хранение исходной информации (база данных заказов, база данных конфигураций и характеристик оборудования, база данных комплектующих и сырья);

б) формирование на основе онтологий интеллектуальной базы знаний управления производственным процессом предприятия нефтяного машиностроения;

– модуль оптимального планирования:

а) настройка параметров расчета (библиотека целевых функций, библиотека системы ограничений, библиотека методов оптимизации: генетический алгоритм, методы линеаризации, симплекс-метод и прочие);

б) создание приоритетов выпуска изделий для обеспечения производства наиболее важных единиц номенклатуры продукции для выполнения заказов точно в срок;

в) планирование потребности в сырье и материалах;

г) формирование оптимального оперативного плана производства продукции сроком на один день и более;

д) оптимальное распределение заданий между станками и прочим технологическим оборудованием с минимизации простоев оборудования;

е) минимизация складских запасов продукции;

– модуль визуализации результатов планирования:

а) создание технологических карт с кластеризацией по типу и очередности выполнения технологических операций;

б) создание графических схем, участвующих в планировании параметров номенклатурных рядов продукции, заказов и оборудования;

в) визуализация результатов планирования в виде календарного плана (диаграммы Ганта [6]);

– модуль предикативной аналитики для прогнозирования спроса на выпускаемую продукцию.

Модуль «Планирование потребности в сырье и материалах» использует производственную программу для определения расписания закупок и/или внутреннего производства материалов, необходимых для изготовления конкретного изделия, а также их сборку.

Технологическая карта представляет собой документ, содержащий информацию о процессе изготовления изделий, описывающий операции в технологической последовательности. При операционном описании технологического процесса маршрутная карта служит сводным документом, указывая номер цеха, участка, рабочего места, операции, необходимые документы, оборудование и трудозатраты (ГОСТ 3.1118–82 «ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт»).

Необходимое требование к модулю заключается в необходимости оформления форм, бланков и документов технологической карты в соответствии с ГОСТ 3.1129–93 «ЕСТД. Общие правила записи технологической информации в технологических документах на технологические процессы и операции».

На рис. 1 приведены основные этапы разработки и внедрения интеллектуальной системы управления производственным планом, модули информационной системы.

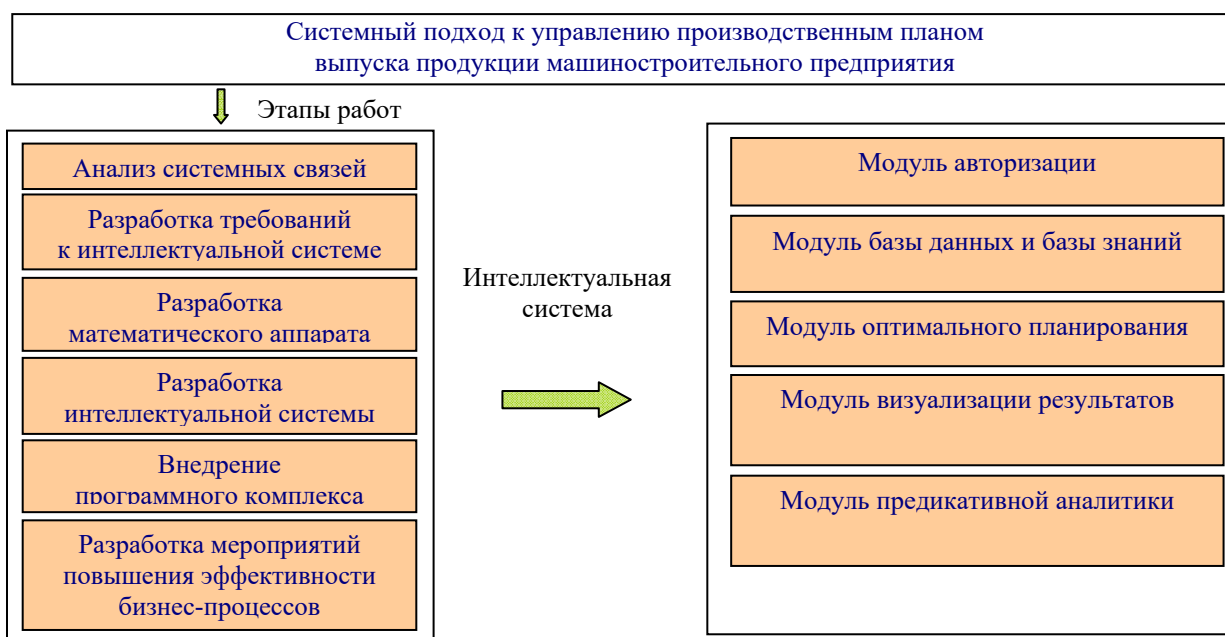


Рис. 1. Принципы системного подхода к разработке интеллектуальной системы управления производственным планом

Fig. 1. Principles of a systematic approach to the development of an intelligent production plan management system

**Математическая постановка задачи**

Первоначальным приоритетом является обеспечение максимального выполнения согласованных контрактов на поставку продукции [7]:

$$K_1 = \max \sum_{t=1}^{tm} \sum_{j=1}^m s_{j(t)} cont_{j(t)}, \quad (1)$$

где  $s_{j(t)}$  – объем реализации  $j$ -й продукции;  $cont_{j(t)}$  – признак наличия контракта по  $j$ -й продукции (при наличии контракта  $cont_{j(t)} = 1$ );  $t$  – номер временного интервала планирования;  $tm$  – период времени, на который осуществляется планирование;  $m$  – количество видов продукции.

Для реализации данного критерия предназначен подмодуль «Создание приоритетов выпуска изделий» в модуле оптимального планирования.

Вторым критерием выступает максимизация прибыли, получаемой от реализации всего номенклатурного ряда выпускаемой продукции:

$$K_2 = \max \sum_{t=1}^{tm} \sum_{j=1}^m s_{j(t)} p_{j(t)}, \quad (2)$$

где  $p_{j(t)}$  – валовая прибыль от реализации единицы  $j$ -й продукции.

Для выбора критерия оптимизации в проектируемой интеллектуальной системе в подмодуле «Настройка параметров расчета» предусмотрена библиотека целевых функций. Возможен выбор как отдельных критериев оптимизации, так и совокупность нескольких критериев, в последнем случае имеем многокритериальную оптимизацию.

Одним из важных ограничений в этой задаче является вместимость склада. Суммарный запланированный остаток всех видов продукции на складе к концу каждого планируемого периода не должен превышать его максимальную вместимость:

$$w_{t-1}^{sum} + \sum_{j=1}^m x_{j(t)} - \sum_{j=1}^m s_{j(t)} \leq w_{\max}, \quad \forall t \in 1, \dots, tm, \quad (3)$$

где  $x_{j(t)}$  – объем производства  $j$ -й продукции;  $w_{t-1}^{sum}$  – общий остаток продукции на складе на начало периода  $t$ ;  $w_{\max}$  – максимальная вместимость склада.

Кроме того, плановый остаток каждого вида продукции не должен быть отрицательным:

$$w_{j(t-1)} + \sum_{j=1}^m x_{j(t)} - \sum_{j=1}^m s_{j(t)} \geq 0, \quad \forall t \in 1, \dots, tm, \quad (4)$$

где  $w_{j(t-1)}$  – количество  $j$ -й продукции на складе на начало периода  $t$ .

Условие обеспечения полного удовлетворения спроса на продукцию для приоритетных клиентов:

$$s_{j(t)}^{prior} = s_{j(t)}^{\max}, \quad \forall t \in 1, \dots, tm. \quad (5)$$

Условие необходимости планирования последовательного использования комплектующих: потребление комплектующих одного типа в рамках последующих производственных процессов:

$$z_{i(t-1)} + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n a_{ij(t)} x_{j(t)} \geq z_{i(t)}, \quad \forall t \in 1, \dots, tm, \quad (6)$$

где  $n$  – количество наименований комплектующих;  $a_{ij(t)}$  – норма расхода  $i$ -го комплектующего на производство  $j$ -й продукции;  $z_{i(t)}$  – количество  $i$ -го комплектующего.

Ограничение для согласования общей продолжительности плановых производственных процессов, включая продолжительность планового обслуживания  $mt_t$ , с продолжительностью периода  $d_t$ :

$$\sum_{j(t)=1}^m \frac{x_{j(t)}}{x_{j(t)}^{tp}} + mt_t = d_t, \quad \forall t \in 1, \dots, tm, \quad (7)$$

где  $x_{j(t)}^{tp}$  – объем производства в единицу времени для продукции типа  $x_{j(t)}$ .

Условие обеспечения производства минимального значения продукции  $x_{j(t)}^{\min}$  в соответствии с технологическим процессом:

$$x_{j(t)} \geq x_{j(t)}^{\min}, \quad \forall j \in 1, \dots, m, \quad \forall t \in 1, \dots, tm. \quad (8)$$

Последним ограничением является определение размеров планируемых поставок, которые должны быть неотрицательными и не превышать запрашиваемое количество. При этом подразумевается, что клиенты готовы купить любой объем продукции по исходной цене в диапазоне от нуля до максимального объема спроса:

$$0 \leq s_{j(t)} \leq s_{j(t)}^{\max}, \quad \forall j \in 1, \dots, m, \quad \forall t \in 1, \dots, tm, \quad (9)$$

где  $s_{j(t)}^{\max}$  – максимальный возможный объем производства по  $j$ -й позиции.

Таким образом, задача оптимального управления производственным планом выпуска продукции машиностроительного предприятия заключается в виде последовательной максимизации целевых функций первого и второго приоритета (1), (2) с учетом ограничений (3)-(9).

### Методы и алгоритмы решения оптимизационной задачи

Для решения оптимизационной задачи (1) – (9) используется на практике два основных подхода.

В первом подходе исходная задача сводится к комбинации задач линейного программирования, во втором подходе решение задачи осуществляется генетическим алгоритмом и его модификациями [8].

Для решения линейной задачи оптимизации можно использовать симплекс-метод [9, 10] или

метод Гомори [11, 12]. Алгоритм симплекс-метода приведен на рис. 2. Для реализации метода необходимо предварительно привести задачу к канонической форме задачи линейного программирования, т. е. имеющий базис, в котором правые части ограничений не отрицательны, а целевая функция выражена через небазисные переменные и стремится минимуму.

Следовательно, первый этап решения при использовании симплекс-метода заканчивается достижением допустимого базисного решения, даже если оно не является оптимальным.

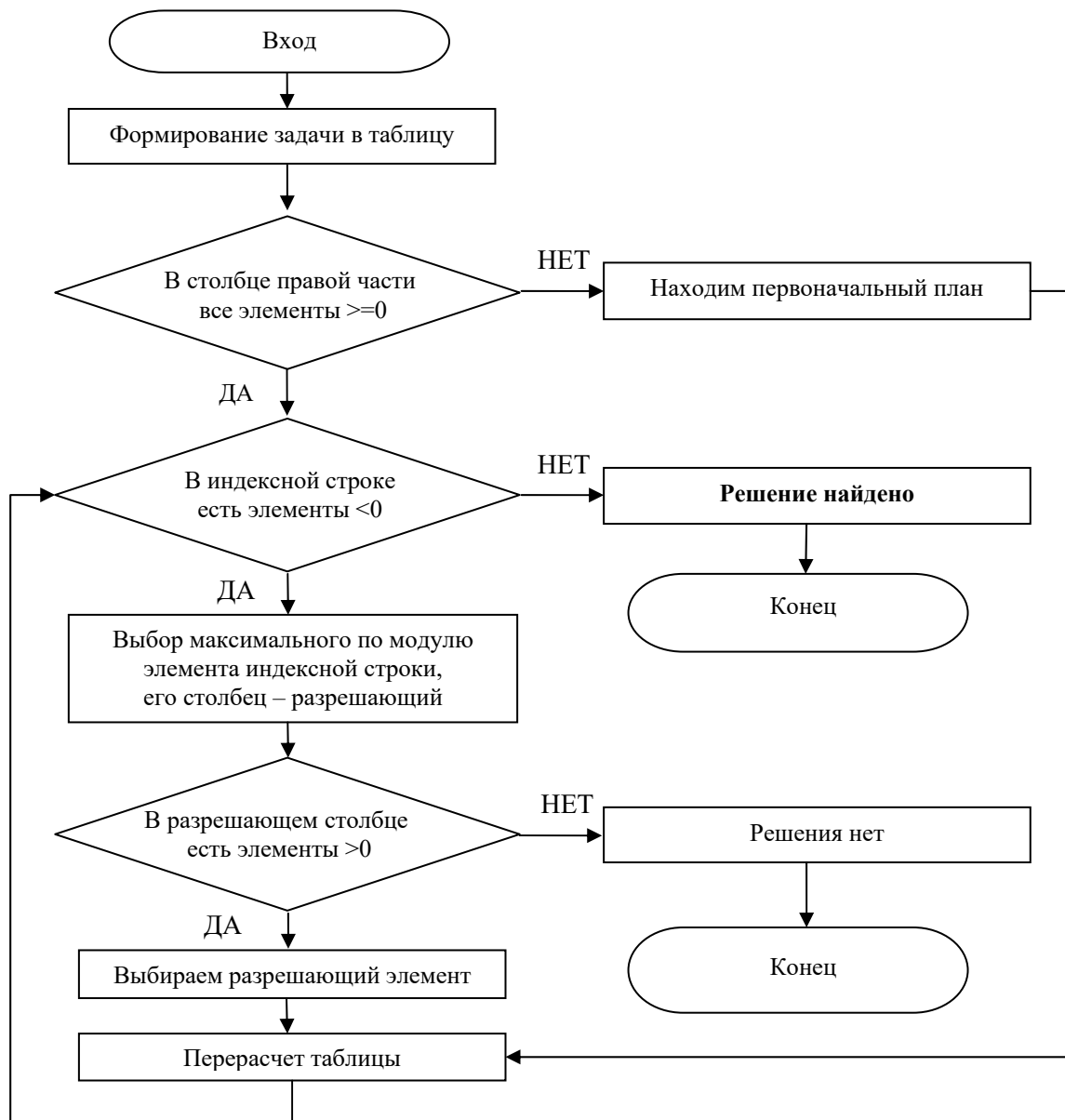


Рис. 2. Алгоритм работы симплекс-метода

Fig. 2. The algorithm of the simplex method

Недостатком сведения многокритериальной нелинейной оптимизационной задачи к задаче линейного программирования является вероят-

ность нахождения локальных минимумов, а не глобального. Для повышения эффективности решения экстремальных задач на практике часто

применяют генетический алгоритм и различные модификации метода, в том числе гибридные методы.

Вопросы возможности применения генетических алгоритмов для улучшения производственного плана рассмотрены в различных исследованиях. Например, в статье [13] рассматривается модификация алгоритма локального поиска с применением турнирной селекции для задачи оперативного планирования производства пластиковых изделий. Сравниваются результаты использования алгоритма с и без турнирной селекции, а также предлагается модификация генетического алгоритма для планирования производства. Метод локального поиска позволяет улучшить результаты в некоторой окрестности известного решения. Авторы использовали различные методы анализа и экономико-математические подходы для исследования. В результате экспериментов показано, что турнирная селекция ускоряет поиск решения и снижает временные затраты, что может быть полезно для планирования распределения производственных мощностей.

В работах [14] и [15] описывается применение генетического алгоритма для оптимизации производственного плана цеха обработки завода металлоконструкций и многоуровневой цепочки поставок по производству TFT-LCD панелей соответственно. Алгоритм позволяет сократить время изготовления продукции и обеспечить максимальную загрузку оборудования предприятия. Для достижения оптимальных результатов проводится настройка генетического алгоритма с выбором лучших комбинаций генетических операторов. В статье [16] предложен подход применения генетических алгоритмов для решения многоцелевых многокритериальных оптимизационных задач (МО-МСОР).

В работе [17] авторами предложен генетический алгоритм, который предназначен для решения задач условной оптимизации общего типа. Данный алгоритм использует дополнительную популяцию для обнаружения допустимых решений и модифицированный метод турнирного отбора. Приводится описание гибридного генетического алгоритма, который включает в себя дополнительное обучение элиты. Это улучшение существенно ускоряет сходимость алгоритма и повышает качество конечного решения по сравнению с традиционным подходом.

При работе с генетическим алгоритмом рассматриваются понятия популяции особей, мутации, скрещивания и селекции. Основной концепцией генетического алгоритма является создание популяции индивидов, где каждый представлен

в виде хромосомы. Каждая хромосома может служить потенциальным решением задачи оптимизации. Для определения наилучших решений необходимо лишь значение целевой функции (или функции приспособленности), которое оценивает эффективность индивида, определенного этой хромосомой. Мутация означает случайное изменение планируемой продукции на случайное значение. Новые комбинации формируются путем скрещивания уже существующих наборов. Скрещивание происходит случайным образом, где вероятность зависит от позиции набора в списке, отсортированном по возрастанию значений целевой функции. Селекция направлена на удаление менее приспособленных наборов, исходя из их позиции в отсортированном списке. Процесс удаления повторяется до сокращения числа наборов до установленного максимального значения. Если количество наборов становится меньше минимально допустимого, селекция не выполняется. На блок-схеме генетического алгоритма, изображенной на рис. 3, показана визуализация этого процесса.

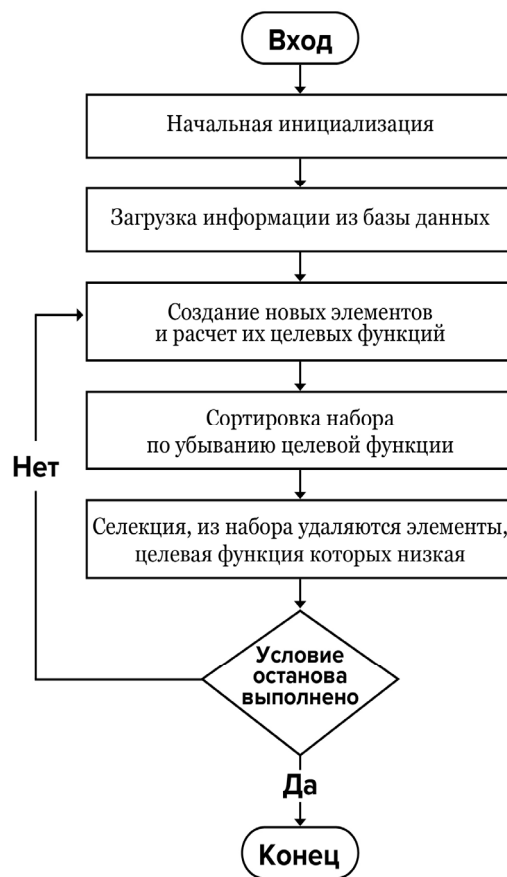


Рис. 3. Алгоритм работы генетического алгоритма

Fig. 3. The algorithm of the genetic algorithm

### Заключение

Проведено исследование существующих подходов к разработке информационной системы управления производственным планом выпуска продукции машиностроительного предприятия.

Приведены этапы разработки и внедрения системы, описаны требования к функциональным возможностям модулей интеллектуальной системы, планирования. Приведена математическая постановка задачи оперативного планирования машиностроительного предприятия. В общем случае оперативное планирование является многокритериальной задачей оптимизации.

Выделено два основных подхода к решению поставленной задачи. Первый подход основан на приведении задачи построения оптимального объемно-календарного плана производства к линейному виду. Полученная задача линейного программирования решается симплекс-методом. Второй подход основан на применении генетического алгоритма. Генетический алгоритм имеет преимущества по сравнению с подходом линеаризации при решении многомерных задач поиска глобального экстремума.

Результаты исследований обладают научно-практической значимостью и могут быть рекомендованы предприятиям машиностроительного сектора производства, в том числе нефтяного машиностроения для повышения эффективности бизнес-процессов.

### Библиографические ссылки

1. Voronov R., Shabaev A., Prokhorov I. Optimal Volume Planning and Scheduling of Paper Production with Smooth Transitions by Product Grades // *Electronics*. 2023. vol. 12, no. 15. 3218. DOI 10.3390/electronics12153218.
2. Бром А. Е., Сидельников И. Д. Конструктивно-технологические факторы в формировании материально-технического снабжения машиностроительного производства // *Наука и бизнес: пути развития*. 2019. № 12 (102). С. 77–81.
3. Ran Wenxue, Liu Sen, Zhang Zhe. A Polling-Based Dynamic Order-Picking System considering Priority Orders // *Complexity*. 2020. Vol. 3. Pp. 1-15. DOI 10.1155/2020/4595316.
4. Алякин Д. С. Добросовестное исполнение договорных обязательств по российскому праву // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Право*. 2022. № 13 (1). Pp. 107-127. DOI 10.21638/spbu14.2022.106.
5. Богданов А. И., Монгуш Б. С. Нелинейные математические модели оптимизации плана производства предприятия легкой промышленности // *Наука и бизнес: пути развития*. 2020. № 4 (106). С. 21–25.
6. Shibuya Masahiro, Chen Xuebin. Production Planning and Management Using Gantt Charts // *Journal*

of Mechanics Engineering and Automation. 2021. Vol. 11. Pp. 68-76. DOI 10.17265/2159-5275/2021.03.002.

7. Бром А. Е., Королев С. А. Разработка алгоритма линеаризации оптимизационной задачи планирования производственной программы // *Наука и бизнес: пути развития*. 2021. № 11 (125). С. 86–91.

8. Тенев В. А., Якимович Б. А. Генетические алгоритмы в моделировании систем: монография. Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2010. 306 с. ISBN 978-5-7526-0472-0.

9. Князева О. О., Сосковец Л. А. Методика решения задач линейного программирования. Омск : Издательский центр КАН, 2021. 110 с. ISBN 978-5-907156-78-4.

10. Firmansyah Firmansyah, Panjaitan Dedy, Salayan Madyunus, Silalahi Alistraja. Optimization of Production Costs with Simplex Method // *Journal of Community Research and Service*. 2020. Vol. 4, no. 2. Pp. 66-76. DOI 10.24114/jcrs.v4i2.15277.

11. Смагин Б. И., Машиш В. В. Критический анализ решения задачи целочисленного линейного программирования методом Гомори // *Наука и Образование*. 2022. Т. 5, № 1.

12. Местников С. В., Эверстова Г. В. Преобразование Жордана – Гаусса и линейная оптимизация. Якутск : Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, 2019. 160 с. ISBN 978-5-7513-2733-0.

13. Козловская Е. Б., Пацук О. В. Экономическая эффективность применения метода локального поиска для задачи оперативного планирования // *Наука Красноярья*. 2022. Т. 11, № 1. С. 24–39. DOI 10.12731/2070-7568-2022-11-1-24-39.

14. Системный анализ, математическое моделирование и оптимизация процесса формирования производственного расписания обработки металлоконструкций / А. А. Большаков, Л. А. Слободянюк, О. Е. Шашина, Я. А. Ковальчук // *Вестник Технологического университета*. 2021. Т. 24, № 7. С. 84–92.

15. Wang Kung-Min, Wang Kung-Jeng, Chen, Chou-Cheng. Capacitated production planning by parallel genetic algorithm for a multi-echelon and multi-site TFT-LCD panel manufacturing supply chain // *Applied Soft Computing*. 2022. vol. 127. DOI 109371. 10.1016/j.asoc.2022.109371.

16. Du Ke-Jing, Li Jian-Yu, Wang Hua, Zhang Jun. Multi-objective multi-criteria evolutionary algorithm for multi-objective multi-task optimization // *Complex & Intelligent Systems*. 2022. vol. 9. pp. 1211-1228. DOI 10.1007/s40747-022-00650-8.

17. Тенев В. А., Шаура А. С. Решение задач нелинейного программирования общего вида генетическим алгоритмом // *Интеллектуальные системы в производстве*. 2019. Т. 17, № 4. С. 137–142. DOI 10.22213/2410-9304-2019-4-137-142.

### References

1. Voronov R., Shabaev A., Prokhorov I. [Optimal Volume Planning and Scheduling of Paper Production with Smooth Transitions by Product Grades]. *Electron-*

- ics, 2023, vol. 12, no. 15, 3218. DOI 10.3390/electronics12153218.
2. Brom A. E., Sidel'nikov I. D. [Structural and technological factors in the formation of material and technical supply of machine-building production]. *Nauka i biznes: puti razvitiya*, 2019, no. 12, pp. 77–81 (in Russ.).
3. Ran Wenxue, Liu Sen, Zhang Zhe. [A Polling-Based Dynamic Order-Picking System considering Priority Orders]. *Complexity*, 2020, vol. 3, pp. 1-15. DOI 10.1155/2020/4595316.
4. Alyakin D.S. [Conscientious fulfillment of contractual obligations under Russian law]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Pravo*, 2022, no. 13, pp. 107-127 (in Russ.). DOI 10.21638/spbu14.2022.106.
5. Bogdanov A.I., Mongush B.S. [Nonlinear mathematical models for optimizing the production plan of a light industry enterprise]. *Nauka i biznes: puti razvitiya*, 2020, no. 4, pp. 21-95 (in Russ.).
6. Shibuya Masahiro, Chen Xuebin. [Production Planning and Management Using Gantt Charts]. *Journal of Mechanics Engineering and Automation*, 2021, vol. 11, pp. 68-76. DOI 10.17265/2159-5275/2021.03.002.
7. Brom A.E., Korolev S.A. [Development of an algorithm for linearization of the optimization task of planning a production program]. *Nauka i biznes: puti razvitiya*, 2021, no. 11, pp. 86-91 (in Russ.).
8. Tenenev V.A., Yakimovich B.A. *Geneticheskie algoritmy v modelirovanii sistem* [Genetic algorithms in system modeling]. Izhevsk, Kalashnikov ISTU Publ., 2010, 306 p. (in Russ.). ISBN 978-5-7526-0472-0.
9. Knyazeva O.O., Soskovets L.A. *Metodika resheniya zadach lineinogo programmirovaniya* [Methods for solving linear programming problems]. Omsk, Izdatel'skii tsentr KAN, 2021, 110 p. ISBN 978-5-907156-78-4 (in Russ.).
10. Firmansyah Firmansyah, Panjaitan Dedy, Salayan Madyunus, Silalahi Alistraja. [Optimization of Production Costs with Simplex Method]. *Journal of Community Research and Service*, 2020, vol. 4, no. 2, pp. 66-76. DOI 10.24114/jcrs.v4i2.15277.
11. Smagin B. I., Mashin V. V. [Critical analysis of solving the problem of integer linear programming by the Gomori method]. *Nauka i Obrazovanie*, 2022, vol. 5, no. 1 (in Russ.).
12. Mestnikov S.V., Everstova G.V. *Preobrazovanie Zhordana-Gaussa i lineinaya optimizatsiya* [Jordan-Gauss transformation and linear optimization]. Yakutsk: Severo-Vostochnyi federal'nyi universitet imeni M.K. Ammosova, 2019, 160 p. (in Russ.). ISBN 978-5-7513-2733-0.
13. Kozlovskaya E. B., Patsuk O. V. [The economic efficiency of using the local search method for the task of operational planning]. *Nauka Krasnoyar'ya*, 2022, vol. 11, no. 1, pp. 24-39 (in Russ.). DOI 10.12731/2070-7568-2022-11-1-24-39.
14. Bol'shakov A. A., Slobodyanyuk L. A., Shashikhina O. E., Koval'chuk Ya. A. [System analysis, mathematical modeling and optimization of the process of forming a production schedule for processing metal structures]. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta*, 2021, vol. 24, no. 7, pp. 84-92 (in Russ.).
15. Wang, Kung-Min, Wang Kung-Jeng, Chen, Chou-Cheng [Capacitated production planning by parallel genetic algorithm for a multi-echelon and multi-site TFT-LCD panel manufacturing supply chain]. *Applied Soft Computing*, 2022, vol. 127. DOI 10.1016/j.asoc.2022.109371.
16. Du Ke-Jing, Li Jian-Yu, Wang Hua, Zhang Jun [Multi-objective multi-criteria evolutionary algorithm for multi-objective multi-task optimization]. *Complex & Intelligent Systems*, 2022, vol. 9, pp. 1211-1228. DOI 10.1007/s40747-022-00650-8.
17. Tenenev V.A., Shaura A.S. [Solving general nonlinear programming problems using a genetic algorithm]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2019, vol. 17, no. 4, pp. 137-142 (in Russ.). DOI 10.22213/2410-9304-2019-4-137-142.

\* \* \*

### Multi-criteria Model for Production Plan Management of a Machine-building Enterprise

*A. V. Demyshev*, Postgraduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia  
*S. V. Vologdin*, DSc in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

*The concept of developing an intelligent system to manage the planning of a manufacturing enterprise, and a description of the functionality and modules of the information system are given.*

*In general, operational planning is a complex task of optimizing the construction of a production plan, which includes several criteria and faces various limitations. Multi-criteria is associated with the need for order fulfillment priority in accordance with the law, and the non-linearity of the task is due to technological limitations of production. One of the criteria is to maximize the fulfillment of contractual obligations to supply products to customers. Another criterion is to maximize profits from the sale of the entire range of manufactured products. The limitations in this task are the storage capacity, availability of raw materials and components, the time of operations, the workload of equipment and the priority of orders.*

*Two approaches to solve the optimization problem of managing the production plan are considered, and block diagrams of the implementation of the proposed algorithms are provided. In the first approach, the initial problem is reduced to a combination of linear programming problems, for which the simplex method or the Gomori method are*

used in practice. A more effective approach to solving this extreme problem is the use of a genetic algorithm and its modifications.

The scientific novelty of the conducted research lies in the systematic application of mathematical and computer modeling methods to build an optimal operational production plan.

The experience of practical implementation of software systems confirms that intelligent production plan management systems are able to increase the efficiency of enterprise business processes, allowing organizations to plan production and allocate resources in market conditions optimally.

**Keywords:** machine-building enterprise, volume scheduling, production planning, intelligent system, genetic algorithm.

Получено: 04.03.24

#### Образец цитирования

Демьшев А. В., Вологдин С. В. Многокритериальная модель управления производственным планом выпуска продукции машиностроительного предприятия // Интеллектуальные системы в производстве. 2024. Т. 22, № 2. С. 49–56. DOI: 10.22213/2410-9304-2024-2-49-56.

#### For Citation

Demyshev A.V., Vologdin S.V. [Multi-criteria Model for Production Plan Management of a Machine-building Enterprise]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*. 2024, vol. 22, no. 2, pp. 49-56. DOI: 10.22213/2410-9304-2024-2-49-56.