

УДК 303.732.3

DOI: 10.22213/2410-9304-2024-1-28-33

Постановка задачи оптимального выпуска продукции нефтяного машиностроения с учетом различных технологий и используемых материалов

Д. А. Айзенштат, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

М. М. Горохов, доктор физико-математических наук, профессор,
главный научный сотрудник ФКУ НИИ ФСИН России, Москва, Россия

С. В. Смирнов, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Автоматизация управления производством относится к наиболее эффективным направлениям применения информационных технологий. Сложные технологические процессы, быстрая смена цен на сырье и продукцию, часто меняющаяся ситуация на рынке труда заставляют руководство предприятия оперативно принимать оптимальное решение на основе анализа большого объема информации. Внедрение компьютерной техники в процессы информационных обменов между подразделениями предприятия не только ускоряет их, но и значительно уменьшает несогласованность документов, являющихся различными срезами одних и тех же данных. Разумная система безопасности и резервного копирования данных позволяет избежать потерь и несанкционированного доступа к важной информации. Целью исследования является разработка математической модели для решения задач оперативного планирования производства. В данной работе рассмотрены математические модели описания технологического процесса производства скважинных насосов с учетом различных технологий изготовления комплектующих и многовариантности использования материалов. Полученные результаты могут являться основой для разработки информационно-аналитической системы, позволяющей автоматизировать процесс планирования производственной программы в реальном масштабе времени. Производственное предприятие, занимающееся выпуском скважинных насосов, производит некоторое количество изделий: вставные, трубные и другие виды насосов. Будем решать задачу максимизации числа выпускаемых комплектных изделий насосного оборудования при заданных ограничениях на имеющиеся материальные запасы. Определена задача нахождения оптимальной производственной программы, максимизирующей количество выпускаемых комплектных изделий промышленного предприятия по изготовлению скважинных насосов. Описанная задача учитывает производственную специфику изготовления насосного оборудования, поэтому ее решение может привести к повышению эффективности производства на данном предприятии.

Ключевые слова: численные методы, линейное программирование, MRP, нефтяное машиностроение.

Введение

Актуальность исследования. Эффективное управление производством предполагает применение информационных технологий в процессах его автоматизации. Комплексные производственные процессы, изменчивость цен на компоненты и готовую продукцию требуют повышенного внимания руководства компании. Компьютеризированный анализ большого объема информации позволяет оперативно принимать объективное оптимальное решение.

Внедрение компьютерной техники в процессы обмена информацией между подразделениями предприятия не только ускоряет передачу данных, но также значительно сокращает несоответствие документов, являющихся различными аспектами одних и тех же данных. Эффективная система безопасности и создание резервных копий данных помогают избежать потери информации и незаконного доступа к важным данным.

Применение математических методов позволяет проводить не только качественный, но и количественный анализ текущей ситуации на предприятии. Развитые системы отчетности предоставляют возможность создавать как регулярные с разной периодичностью, так и уникальные отчеты.

Объект исследования – система оперативного планирования производства предприятия с заданной номенклатурой выпуска изделий

Предмет исследования – математические модели оптимального планирования производства изделий. Целью исследования является разработка математи-

ческой модели для решения задач оперативного планирования производства.

В работе [1] разобрана необходимость оценки финансового положения предприятий в сфере машиностроения. Обоснован выбор ключевых предприятий национального машиностроения, специализирующихся на производстве газотурбинных двигателей различного назначения, в качестве объектов исследования. Рассмотрены основные финансовые показатели, отражающие результаты их деятельности за период с 2017 по 2019 год.

С использованием современных методов и экономико-математических моделей [2] на основе данных публичной бухгалтерской отчетности за указанный период представлен сравнительный ретроспективный анализ финансового состояния данных предприятий, раскрывающий их финансовую динамику и изменения за названный период времени с использованием современных методик и экономико-математических моделей: В. Ф. Палия, А. Д. Шеремета и Е. В. Негашева, Э. Альтмана, Р. Р. Сайфуллина и Г. Г. Кадькова, Г. В. Савицкой, И. В. Мартыновой, А. Б. Перфильева, Г. В. Давыдовой и А. Ю. Беликова, А. Ю. Тарасовой, разработанных в [3–6]. Были рассмотрены преимущества и недостатки обсуждаемых подходов и моделей. В ходе работы были вычислены коэффициенты ликвидности и финансовой устойчивости, а также параметры «балансовой модели». Проведены соответствующие расчеты для каждого

из этих коэффициентов, используемых моделей, а также для суммарных показателей каждой из экономико-математических моделей. Был проведен необходимый анализ полученных результатов.

В результате было выявлено, что наиболее целесообразным для оценки финансового положения предприятий в сфере машиностроения является использование экономико-математических моделей, учитывающих специфику данной отрасли. На основе полученных результатов подтверждена целесообразность совместного использования для целей анализа финансового состояния российских промышленных машиностроительных предприятий методики анализа абсолютных показателей бухгалтерского баланса А. Д. Шеремета и Е. В. Негашева и восьмифакторной экономико-математической модели А. Б. Перфильева. Вычисления показателей всех трех изученных предприятий с применением модели А. Б. Перфильева показали, что данная модель обладает наибольшей реакцией на изменения характеристик, отражающих финансовое положение промышленного предприятия.

В работе [3] рассмотрены современные экономико-математические модели оценки финансового состояния предприятия, а также на основе данных публичной бухгалтерской отчетности выполнен анализ финансового состояния на примере одного из крупнейших предприятий российского газотурбостроения – ПАО «ОДК-Сатурн» за 2014–2016 гг. При этом на основе проведенных сравнительных расчетов финансового состояния предприятия с использованием ряда известных экономико-математических моделей авторами статьи рекомендованы некоторые из них для дальнейшего использования как в наибольшей степени отражающие специфику промышленных предприятий, что составляет научную новизну полученных в статье результатов.

В работе [6] протестированы теоретические экономико-математические модели на основе реальных данных на предмет соответствия эмпирической динамике. В данной статье проводится анализ финансового состояния предприятий оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на основании ретро-данных в период с 2004 по 2012 год. Для характеристики финансового состояния организации используются два коэффициента финансового анализа: коэффициент текущей ликвидности и коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами. На основании динамики приростов коэффициентов были построены модели для прогнозирования и оценки финансовой устойчивости предприятий ОПК. Построенные модели позволяют проводить имитационные эксперименты для оценки финансовой устойчивости отдельных предприятий.

Производственное предприятие, занимающееся выпуском скважинных насосов, производит некоторое количество изделий: вставные, трубные и другие виды насосов. Будем решать задачу максимизации числа выпускаемых комплектных изделий насосного оборудования при заданных ограничениях на имеющиеся материальные запасы.

Математическая модель

Обозначим общее количество изделий предприятия величиной N . Количество деталей, используемых в производстве насосов, обозначим величиной K .

Определим необходимое количество материалов и технологических методов для получения заданного производственным планом количества комплектных изделий.

При производстве скважинных насосов предприятие использует M видов материалов (трубы, пруты, кольца уплотнительные и прочие виды) [7, 8]. Будем считать, что M_1 видов материалов предназначены для производства 1-й детали. Для производства 2-й детали предназначены M_2 видов материалов. При производстве k -й детали скважинных насосов будет использовано M_k видов материалов [9].

Из упрощения о том, что виды материалов, предназначенные для производства различных деталей, представляют собой непересекающиеся множества, имеем

$$M = \sum_{k=1}^k M_k. \quad (1)$$

Имеющиеся складские запасы материалов ограничены следующими значениями b_i , где i – номер материала. При этом i от 1 до M_1 относится к первой детали, i от M_1+1 до M_1+M_2 ко второй, i от $\sum_{k=1}^{s-1} M_k + 1$ до $\sum_{k=1}^s M_k$ к детали номер s .

Унификация производства привела к тому, что имеется пересечение видов материалов, используемых для изготовления деталей. Они в общем случае подходят для производства множества деталей разных типов насосов [10]. Производственный процесс изготовления деталей состоит из различных технологических методов, причем m_1 технологических методов $T_{ij}^{(1)}$ ($i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, s_1}$, $m_1 = s_1 N$) применяется при изготовлении 1-го типа детали насоса i -го вида; m_2 технологических методов $T_{ij}^{(2)}$ ($i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, s_2}$, $m_2 = s_2 N$) применяется при изготовлении 2-го типа детали насосов i -го вида; ..., m_r технологических методов $T_{ij}^{(r)}$ ($i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, s_r}$, $m_r = s_r N$) применяется при изготовлении r -го типа деталей насосов i -го вида.

Допустим, у нас есть определенный набор материальных ресурсов в начале производственного процесса. Этот набор определяется наименованиями материалов и их количеством. После завершения производственной программы мы получаем оптимальное количество изготовленных изделий и оставшиеся запасы материалов.

Если единожды применить технологический метод $T_{ij}^{(1)}$, то будет получено деталей 1-го типа насоса i -го вида в количестве $\alpha_{ij}^{(1)}$ единиц. Для их изготовления будет израсходовано $b_{ij}^{(1)}$ единиц j -го материала. В случае применения технологического метода

$T_{ij}^{(2)}$ будет получено деталей 2-го типа насоса i -го вида в количестве $\alpha_{ij}^{(2)}\pi$ единиц. Для их изготовления будет израсходовано $b_{ij}^{(2)}$ единиц j -го материала. Аналогично при применении технологического метода $T_{ij}^{(r)}$ производитель израсходует $b_{ij}^{(r)}$ единиц j -го материала и получит $\alpha_{ij}^{(r)}$ единиц r -го типа деталей насоса i -го вида [11].

Введем следующие ограничения:

$$\begin{aligned} \alpha_{ij}^{(1)} &\geq 0, \quad (i = \overline{1, N}, j = \overline{1, s_1}); \\ \alpha_{ij}^{(2)} &\geq 0, \quad (i = \overline{1, N}, j = \overline{1, s_2}); \\ &\dots \\ \alpha_{ij}^{(r)} &\geq 0, \quad (i = \overline{1, N}, j = \overline{1, s_r}); \\ b_{ij}^{(1)} &\geq 0, \quad (i = \overline{1, N}, j = \overline{1, s_1}); \\ b_{ij}^{(2)} &\geq 0, \quad (i = \overline{1, N}, j = \overline{1, s_2}); \\ &\dots \\ b_{ij}^{(r)} &\geq 0, \quad (i = \overline{1, N}, j = \overline{1, s_r}). \end{aligned} \quad (2)$$

Определим комплектность насоса. Обозначим, что i -й тип насоса состоит из $k_i^{(1)}$ деталей 1-го типа. Количество деталей 2-го типа в i -м типе насоса будет $k_i^{(2)}$. Также в состав i -го типа насоса войдет $k_i^{(r)}$ деталей r -го типа.

В задаче введено ограничение на выпуск комплектных изделий. С учетом этого ограничения определим коэффициенты активности, при которых можно получить наибольшее число полных комплектов изделий при ограничениях на хранимые на складах материалы.

Под $\xi_{ij}^{(1)}$ обозначим оптимизированный коэффициент активности применения технологических методов $T_{ij}^{(1)}$. Под $\xi_{ij}^{(2)}$ обозначим оптимизированный коэффициент активности применения технологических методов $T_{ij}^{(2)}$. Аналогично $\xi_{ij}^{(r)}$ будет оптимизированным коэффициентом активности применения технологических методов.

На основе коэффициентов активности применения технологических методов определим затраты материалов. Легко понять, что в данном случае будет затрачено $\sum_{i=1}^N b_{ij}^{(1)} \xi_{ij}^{(1)}$ единиц 1-го материала ($j = \overline{1, s_1}$). Второй материал будет израсходован в количестве $\sum_{i=1}^N b_{ij}^{(2)} \xi_{ij}^{(2)}$ единиц. А у i -го материала ($j = \overline{1, s_r}$) будет затрачено $\sum_{i=1}^N b_{ij}^{(r)} \xi_{ij}^{(r)}$ единиц.

Учитывая специфику производства насосного оборудования, введем емкостные ограничения на

складские помещения для хранения материалов. Для этого используем ранее определенные переменные b_i [12]:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N b_{ij}^{(1)} \xi_{ij}^{(1)} &\leq b_j^{(1)}, \quad (j = \overline{1, s_1}); \\ \sum_{i=1}^N b_{ij}^{(2)} \xi_{ij}^{(2)} &\leq b_j^{(2)}, \quad (j = \overline{1, s_2}); \\ &\dots \\ \sum_{i=1}^N b_{ij}^{(r)} \xi_{ij}^{(r)} &\leq b_j^{(r)}, \quad (j = \overline{1, s_r}). \end{aligned} \quad (3)$$

Из вышеприведенных ограничений следует, что будет изготовлено $\sum_{j=1}^{s_1} \alpha_{ij}^{(1)} \xi_{ij}^{(1)}$ единиц деталей 1-го типа насосов i -го вида. Деталей 2-го типа насосов i -го вида будет изготовлено $\sum_{j=1}^{s_2} \alpha_{ij}^{(2)} \xi_{ij}^{(2)}$ единиц. Деталей r -го типа насосов i -го вида удастся изготовить в количестве $\sum_{j=1}^{s_r} \alpha_{ij}^{(r)} \xi_{ij}^{(r)}$ единиц. Вспоминая про условие комплектности в рассматриваемой задаче, получаем самое большое $\frac{1}{k_i^{(1)}} \sum_{j=1}^{s_1} \alpha_{ij}^{(1)} \xi_{ij}^{(1)}$ комплектов деталей 1-го типа насосов i -го вида. Самое большое число комплектов деталей 2-го типа насосов i -го вида будет равно $\frac{1}{k_i^{(2)}} \sum_{j=1}^{s_2} \alpha_{ij}^{(2)} \xi_{ij}^{(2)}$. А самое большое число комплектов деталей r -го типа насосов i -го вида будет равно $\frac{1}{k_i^{(r)}} \sum_{j=1}^{s_r} \alpha_{ij}^{(r)} \xi_{ij}^{(r)}$.

Таким образом можно определить наибольшее суммарное количество комплектов насосов. Оно равняется:

$$F(N) = \max_{i=1}^N \min \left(\frac{1}{k_i^{(1)}} \sum_{j=1}^{s_1} \alpha_{ij}^{(1)} \xi_{ij}^{(1)}, \frac{1}{k_i^{(2)}} \sum_{j=1}^{s_2} \alpha_{ij}^{(2)} \xi_{ij}^{(2)}, \dots, \frac{1}{k_i^{(r)}} \sum_{j=1}^{s_r} \alpha_{ij}^{(r)} \xi_{ij}^{(r)} \right). \quad (4)$$

При этом ограничения по материалам и интенсивностям будут выражены:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N b_{ij}^{(1)} \xi_{ij}^{(1)} &\leq b_j^{(1)}, \quad (j = \overline{1, s_1}); \\ \sum_{i=1}^N b_{ij}^{(2)} \xi_{ij}^{(2)} &\leq b_j^{(2)}, \quad (j = \overline{1, s_2}); \\ &\dots \\ \sum_{i=1}^N b_{ij}^{(r)} \xi_{ij}^{(r)} &\leq b_j^{(r)}, \quad (j = \overline{1, s_r}); \\ \xi_{ij}^{(1)} &\geq 0, \quad (i = \overline{1, N}, j = \overline{1, s_1}); \quad \xi_{ij}^{(2)} \geq 0, \\ &\quad (i = \overline{1, N}, j = \overline{1, s_2}); \\ &\dots \\ \xi_{ij}^{(r)} &\geq 0, \quad (i = \overline{1, N}, j = \overline{1, s_r}). \end{aligned} \quad (5)$$

Задача, определенная в формулах (4)–(5), имеет нелинейный характер. Линеаризуем задачу, определив новую задачу линейного программирования, равносильную первой. В этом случае упрощается процедура поиска оптимального решения численными методами [13, 14].

Новые уравнения содержат $(S+1)N$ неизвестных $\xi_{ij}^{(l)}, x_i$ ($i = \overline{1, N}, j = \overline{1, s_l}, l = \overline{1, r}$) и максимизируют функцию, являющуюся линейной:

$$f(\mathbf{x}) = \max \sum_{i=1}^N x_i, \quad (6)$$

при следующих ограничениях (в данном случае число ограничений равно $(S+1)N + N = (S+2)N$):

$$\begin{aligned} x_1 &\leq \frac{1}{k_1^{(1)}} \sum_{j=1}^{s_1} \alpha_{i1}^{(1)} \xi_{i1}^{(1)}; x_1 \leq \frac{1}{k_1^{(2)}} \sum_{j=1}^{s_2} \alpha_{i1}^{(2)} \xi_{i1}^{(2)}; \\ &\dots \\ x_1 &\leq \frac{1}{k_1^{(r)}} \sum_{j=1}^{s_r} \alpha_{i1}^{(r)} \xi_{i1}^{(r)}; \\ x_2 &\leq \frac{1}{k_2^{(1)}} \sum_{j=1}^{s_1} \alpha_{i2}^{(1)} \xi_{i2}^{(1)}; x_2 \leq \frac{1}{k_2^{(2)}} \sum_{j=1}^{s_2} \alpha_{i2}^{(2)} \xi_{i2}^{(2)}; \\ &\dots \\ x_2 &\leq \frac{1}{k_2^{(r)}} \sum_{j=1}^{s_r} \alpha_{i2}^{(r)} \xi_{i2}^{(r)}; \\ &\dots \\ x_N &\leq \frac{1}{k_N^{(1)}} \sum_{j=1}^{s_1} \alpha_{iN}^{(1)} \xi_{iN}^{(1)}; x_N \leq \frac{1}{k_N^{(2)}} \sum_{j=1}^{s_2} \alpha_{iN}^{(2)} \xi_{iN}^{(2)}; \\ &\dots \\ x_N &\leq \frac{1}{k_N^{(r)}} \sum_{j=1}^{s_r} \alpha_{iN}^{(r)} \xi_{iN}^{(r)}; \\ \sum_{i=1}^N b_{ij}^{(1)} \xi_{ij}^{(1)} &\leq b_j^{(1)}, (j = \overline{1, s_1}); \sum_{i=1}^N b_{ij}^{(2)} \xi_{ij}^{(2)} \leq b_j^{(2)}, (j = \overline{1, s_2}); \\ &\dots \\ \sum_{i=1}^N b_{ij}^{(r)} \xi_{ij}^{(r)} &\leq b_j^{(r)}, (j = \overline{1, s_r}); \\ \xi_{ij}^{(1)} &\geq 0, (i = \overline{1, N}, j = \overline{1, s_1}); \\ \xi_{ij}^{(2)} &\geq 0, (i = \overline{1, N}, j = \overline{1, s_2}); \\ &\dots \\ x_{ij}^{(r)} &\geq 0, (i = \overline{1, N}, j = \overline{1, s_r}). \end{aligned} \quad (7)$$

В результате вычисления данной задачи будет найден производственный план, отвечающий требованиям оптимальности:

$$\mathbf{x}^* = (x_i^*), \quad (8)$$

где x_i^* – максимально возможное значение комплектов насосов типа i . Определим необходимое количество всех материалов, использованных при изготовлении:

$$b_j^{(1)} = \sum_{i=1}^N b_{ij}^{(1)} (\xi_{ij}^{(1)})^*, (j = \overline{1, s_1}); b_j^{(2)} = \sum_{i=1}^N b_{ij}^{(2)} (\xi_{ij}^{(2)})^*, (j = \overline{1, s_2});$$

...

$$b_j^{(r)} = \sum_{i=1}^N b_{ij}^{(r)} (\xi_{ij}^{(r)})^*, (j = \overline{1, s_r}).$$

Таким образом была определена задача нахождения оптимальной производственной программы, максимизирующей количество выпускаемых комплектов изделий промышленного предприятия по изготовлению скважинных насосов. Описанная задача учитывает производственную специфику изготовления насосного оборудования, поэтому ее решение может привести к повышению эффективности производства на данном предприятии.

Выводы и заключение

В данной работе рассмотрены математические модели описания технологического процесса производства скважинных насосов с учетом различных технологий изготовления комплектующих и многовариантности использования материалов. Полученные результаты могут являться основой для разработки информационно-аналитической системы, позволяющей автоматизировать процесс планирования производственной программы в реальном масштабе времени.

Библиографические ссылки

1. Немтырев О. В., Камакина О. В., Мудрековский А. Ю. Анализ финансового состояния промышленного предприятия на основе экономико-математических моделей // Экономика и управление: проблемы, решения. 2018. Т. 2 (74), № 2. С. 58–68.
2. Палий В. Ф., Суздальцева Л. П. Экономический анализ: учеб. пособие. М.: Машиностроение, 2009. 328 с.
3. Шеремет А. Д., Негайев Е. В. Методика финансового анализа деятельности коммерческих организаций: практическое пособие. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Инфра-М, 2017. 208 с.
4. Шеремет А. Д., Сайфулин Р. С., Негайев Е. В. Теория финансового анализа. М.: ИНФРА-М, 2019. 208 с.
5. Перфильев А. Б. Основные методики оценки финансового состояния российских предприятий и прогнозирование возможного банкротства по данным бухгалтерской отчетности: учеб. пособие. Ярославль: Академия МУ-БИИТ, 2018. 87 с.
6. Лысенко, В. В. Оценка рисков финансовой устойчивости предприятий на основе моделей распределения вероятностей динамики финансовых показателей // Теоретическая экономика. 2018. № 3 (45). С. 71–80.
7. Горшков Р. Г., Кротков Е. А., Сигова О. Б. Расчет и моделирование динамических характеристик электропривода штангового скважинного насоса // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2009. № 2 (24). С. 144–151.
8. Захаров Б. С. Рекомендации по применению механических уплотнений в штанговых насосах // Нефтепромысловое дело. 2012. № 4. С. 35–37.
9. Дубровский В. В., Квасова Н. А., Пузанкова Е. А. Особенности оперативного планирования на промышленном предприятии при разных видах производства // Инновации и инвестиции. 2021. № 4. С. 94–96.

10. Костаков М. В. Возможности использования MRP-системы для управления запасами на предприятии // Научный аспект. 2018. Т. 1, № 2. С. 59–63.

11. Хрусталева Е. Ю., Котлуков К. К. Оптимизация производственного плана предприятий оборонно-промышленного комплекса в условиях высокой неопределенности и критической загрузки мощностей // Экономический анализ: теория и практика. 2015. № 31 (430). С. 2–12.

12. Чухланцев Е. С., Благодатский Г. А., Бас А. А. Разработка информационной модели автоматизированной системы управления складскими помещениями для расчета индекса сезонности // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2016. Т. 19, № 2 (70). С. 91–94.

13. Попов Д. В., Шубат О. М. Разработка модели оперативного планирования производства на металлургическом предприятии // Весенние дни науки: сборник докладов, Екатеринбург, 21–23 апреля 2022 года. Екатеринбург: Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2022. С. 1028–1031.

14. Андреева Е. А., Царькова Е. Г. Применение методов оптимального управления в системах поддержки принятия решений промышленного предприятия // Математические методы управления: сборник научных трудов / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тверской государственный университет». Тверь: Тверской государственный университет, 2021. С. 10–23.

15. К вопросу об эффективности клапанных узлов скважинных штанговых насосов / Т. Р. Долов, А. В. Деговцов, И. Н. Герасимов, К. И. Клименко // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И. М. Губкина. – 2016. – № 1 (282). – С. 97–105.

References

1. Nemtyrev O.V., Kamakina O.V., Mudrevsky A.Yu. [Analysis of the financial condition of an industrial enterprise on the basis of economic and mathematical models]. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*. 2018. Vol. 2, no. 2. Pp. 58–68 (in Russ.).

2. Paliy V.F., Suzdaltseva L.P. *Ekonomicheskii analiz: ucheb. posobie* [Economic analysis: textbook]. Moscow: Mashinostroenie Publ., 2009. 328 p. (in Russ.).

3. Sheremet A.D., Negashev E.V. *Metodika finansovogo analiza deyatel'nosti kommercheskikh organizatsii: prakticheskoe posobie* [Methodology of financial analysis of commercial activity. V. Methodology of financial analysis of commercial organizations: a practical manual. 3rd ed., revision and addendum]. Moscow: Infra-M, 2017. 208 c. (in Russ.).

4. Sheremet A.D., Saifulin R.S., Negashev E. V. *Teoriya finansovogo analiza* [Theory of financial analysis]. Moscow: INFRA-M, 2019. 208 c. (in Russ.).

5. Perfiliev A.B. *Osnovnye metodiki otsenki finansovogo sostoyaniya rossiiskikh predpriyatii i prognozirovaniye voz-*

mozhnogo bankrotstva po dannym bukhgalterskoi otchetnosti: ucheb. posobie [Basic methods of assessing the financial condition of Russian enterprises and forecasting possible bankruptcy on the basis of accounting statements: study guide]. Yaroslavl: MUBINT Academy, 2018. 87 c. (in Russ.).

6. Lysenko V.V. [Assessment of risks of financial stability of enterprises based on probability distribution models of the dynamics of financial indicators]. *Teoreticheskaya ekonomika*. 2018. No. 3. Pp. 71–80 (in Russ.).

7. Gorshkov R.G., Krotkov E.A., Sigova O.B. [Calculation and modeling of dynamic characteristics of the electric drive of a rod well pump]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskie nauki*. 2009. No. 2. Pp. 144–151 (in Russ.).

8. Zakharov B.S. [Recommendations on the use of mechanical seals in rod pumps]. *Neftepromyslovoe delo*. 2012. No. 4. Pp. 35–37 (in Russ.).

9. Dubrovskiy V.V., Kvasova N.A., Puzankova E.A. [Features of operational planning at the industrial enterprise at different types of production]. *Innovatsii i investitsii*. 2021. No. 4. Pp. 94–96 (in Russ.).

10. Kostakov M.V. [Possibilities of using MRP-system for inventory management at the enterprise]. *Nauchnyi aspekt*. 2018. Vol. 1, no. 2. Pp. 59–63 (in Russ.).

11. Khrustalev E.Yu., Kotlukov K.K. [Optimization of the production plan of the enterprises of the defense-industrial complex in conditions of high uncertainty and critical capacity utilization]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika*. 2015. No. 31. Pp. 2–12 (in Russ.).

12. Chukhlantsev E.S., Blagodatsky G.A., Bas A.A. [Development of an information model of the automated warehouse management system for calculating the seasonality index]. *Vestnik IzhGTU imeni M. T. Kalashnikova*. 2016. Vol. 19, no. 2. Pp. 91–94 (in Russ.).

13. Popov D.V., Shubat O.M. [Development of the model of operational production planning at the metallurgical enterprise]. *Vesennye dni nauki: sbornik dokladov, Ekaterinburg, 21–23 aprelya 2022 goda* [Proc. Spring Science Days: collection of reports, Ekaterinburg, April 21–23, 2022]. Ekaterinburg: Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 2022. Pp. 1028–1031 (in Russ.).

14. Andreeva E.A., Tsarkova E.G. [Application of optimal control methods in decision support systems of an industrial enterprise]. *Matematicheskie metody upravleniya: sbornik nauchnykh trudov* [Mathematical methods of management: a collection of scientific papers]. Tver: Tver State University, 2021. Pp. 10–23 (in Russ.).

15. Dolov T.R., Degovtsov A.V., Gerasimov I.N., Klimenko K.I. [To the question about the efficiency of valve assemblies of downhole rod pumps]. *Trudy Rossiiskogo gosudarstvennogo universiteta nefi i gaza imeni I. M. Gubkina* [Proceedings of the Russian State University of Oil and Gas named after I.M. Gubkin]. 2016. No. 1. Pp. 97–105 (in Russ.).

* * *

The Problem Statement of Optimal Petroleum Engineering Output with Respect to Various Techniques and Materials Used

D. A. Aizenshtat, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

M. M. Gorokhov, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Chief Researcher, Federal State Institution Research Institute of the Federal Penitentiary Service Russia, Moscow, Russia

S. V. Smirnov, PhD in Engineering, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

Automation of production management refers to the most effective directions of information technology application. Complex technological processes, rapid change of prices for raw materials and products, frequently changing situation on the labor market make the management of the enterprise make prompt and optimal decision based on the analysis of a large amount of information.

Introduction of computer technology to the processes of information exchanges between the enterprise departments not only accelerates them, but also significantly reduces the inconsistency of documents that are different segments of the same data. A reasonable system of security and data backup allows to avoid losses and unauthorized access to important information. The aim of the research is to develop a mathematical model to solve the problems of operational production planning. This paper considers mathematical models for describing the technological process of downhole pump production, taking into account different technologies of manufacturing components and multivariate use of materials. The obtained results can be the basis for the development of information-analytical system, which allows to automate the process of production program planning in real time. A manufacturing enterprise engaged in manufacturing of downhole pumps produces a certain number of products: plug-in, pipe and other types of pumps. We will solve the problem of maximizing the number of complete pumping equipment produced under given constraints on available material stocks. The problem of finding the optimal production program maximizing the number of manufactured complete products of the industrial enterprise for the manufacture of well pumps is defined. The described problem takes into account the production features of pumping equipment manufacturing, so its solution may lead to an increase in production efficiency at this enterprise..

Keywords: numerical methods, linear programming, MRP, petroleum engineering

Получено: 23.11.23

Образец цитирования

Айзенштат Д. А., Горохов М. М., Смирнов С. В. Постановка задачи оптимального выпуска продукции нефтяного машиностроения с учетом различных технологий и используемых материалов // Интеллектуальные системы в производстве. 2024. Т. 22, № 1. С. 28–33. DOI: 10.22213/2410-9304-2024-1-28-33.

For Citation

Aizenshtat D.A., Gorokhov M.M., Smirnov S.V. [The problem statement of optimal petroleum engineering output with respect to various techniques and materials used]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*. 2024, vol. 22, no. 1, pp. 28-33. DOI: 10.22213/2410-9304-2024-1-28-33.