

УДК 622.254.

**Ю.А. Штургалов****К ВОПРОСУ О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ МЕТОДОВ  
ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ КАЛИЙНЫХ РУДНИКОВ**

**Н**изкий коэффициент использования производственного оборудования, как правило, следствие недостаточной организации производства.

Недостаточный уровень организации работ на руднике наглядно демонстрирует представленная на рисунке 1 зависимость количества руды, добытой со второго горизонта одним из рудников ПО «Беларуськалий».

Статистическая обработка данных, представленных на рис. 1 и аналогичных данных по другим рудникам РУП ПО «Беларуськалий» позволяет заключить, что среднемесячная производительность комплексов, а также количества руды, добытой по месяцам на рудниках, имеет равномерный характер распределения. Для них характерно значительное изменение во времени. Одним из критериев современных методов правления предприятием является стабильность его технико-экономических показателей, либо изменение последних по закону, определенному в период планирования его производственной деятельности. Из выше изложенного следует, что система управления горным предприятием будет более совершенной, если она будет базироваться на совместном решении задач планирования показателей производства, организации работ очистных и проходческих комплексов, выбора технологии ведения горных работ, проектирования развития горных работ. Такой подход принято называть системным. Другими словами, системный подход в управлении предприятием означает, что одновременно определяются и плановые показатели производства и пути их достижения. Однако задачи оптимального управления горным производством на базе системного подхода являются той областью исследований, для которой можно эффективно применять далеко не все известные научные подходы. Без преувеличения можно заключить, что на современном этапе развития производства единст-

венным эффективным способом решения выше обозначенных задач является метод математического моделирования и моделирования на ЭВМ.

Для исследования и совершенствования методов оптимального управления производственной деятельностью калийных рудников предпринята попытка разработки соответствующих математических моделей, по мнению автора, наиболее полно удовлетворяющих современным требованиям производства и вполне реализуемых на практике в силу существующего положения дел на рудниках с обеспечением средствами вычислительной техники и наличием подготовленного инженерно-технического персонала.

Разработанные математические модели получили название «интеграционные», что означает, что при их создании ставилась задача объединить (интегрировать) в них преимущество интуитивных, имитационных и аналитических моделей. В сокращенном виде формулировка задачи оптимального управления производственной деятельностью рудника для достаточно общего случая выглядит следующим образом.

Пусть предварительно выбрана некоторая система вскрытия шахтного поля и определен способ его подготовки (стволы, их положение, положение и характеристики главных выработок определены). На плане горных работ определены границы шахтного поля и положение фронтов очистных и подготовительных работ на некоторый момент  $t_0$ . Существует возможность получения дополнительного оборудования и исключения из процесса добычи руды действующего оборудования в любой момент времени  $t_1$ . Необходимо установить оптимальные значения технико-экономических показателей производственной

деятельности калийного рудника (ТЭП ПДКР) в процессе планирования и проектировании развития горных работ, организации работ очистных и проходческих комплексов, выбора технологии ведения горных работ в зависимости от горно-геологических характеристик месторождения, физических и организационно-технологических характеристик процессов добычи руды, основных технических решений и управляющих воздействий на систему.

Задача должна удовлетворять следующим основным ограничениям: правилам ведения горных работ и техники безопасности; пропускным способностям конвейеров главного направления и стволов; системе ограничений по объему и качеству добываемой руды; ограничениям по среднемесячным нагрузкам на забой; ограничениям по затратам на амортизацию оборудования от его простоев; ограничениям по последовательности отрабатываемых панелей. Сформулированная прикладная задача формализована в виде аналитической (математической) задачи, представляющей собой нелинейную экономико-математическую модель с вышеперечисленными нелинейными ограничениями и представлена в [1]. В качестве критерия оптимальности выбрана прибыль от промышленного использования 1 т балансовых запасов руды. В качестве неизвестных величин выбраны: бинарная величина  $X_{k,m,p}$  равная 1, если панель с номером k обрабатывается по m-й технологической схеме, укомплектованной n-ным типом оборудования, а подготовительные работы выполнены р-тым типом проходческого оборудования;  $Y_{k,m,p,t}$  и  $\bar{Y}_{k,m,p,t}$  - соответственно, среднемесячную производительность очистных проходческих комплексов за месяц с номером t;  $t_1^k, t_2^k, \tilde{t}_1^k, \tilde{t}_2^k$  - соответственно время начала и окончания очистных и подготовительных работ на панели с номером k.

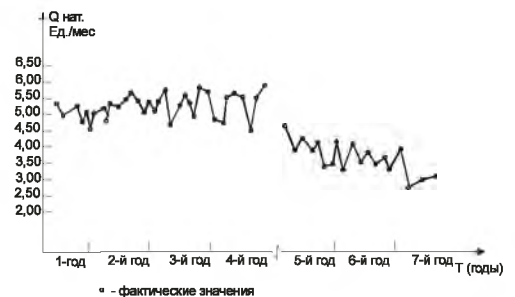
Разработанная аналитическая модель является нелинейной относительно неизвестных и не может быть решена известными классическими методами. Однако, формализованная таким образом задача, имеет ряд преимуществ - прежде всего она позволяет установить аналитическую зависимость ТЭП от ряда параметров

и тем самым дает возможность найти оптимальные или квазиоптимальные значения показателей и соответствующих им параметров. Для численного решения этой задачи предложен подход, основанный на использовании интеграционных имитационных моделей, разработанный в [1]. Суть подхода поясняется блок-схемой, представленной на рис. 2.

Используем подход динамического программирования и весь временной интервал разобьем на отрезки времени  $t_i$   $[t_0, t_2^{n_1}], [t_2^{n_1}, t_1^{n_2}], \dots, [t_1^{n_{i-1}}, t_2^{n_i}], [t_2^{n_i}, t_1^{n_{i+1}}]$ ; где  $t_2^{n_i}$  - время вывода из работы очистного или проходческого комплекса с номером  $n_i$ ;  $t_1^{n_{i-1}}$  - время ввода в работу очистного или проходческого комплекса с номером  $n_{i-1}$ .

Определенные изначально исходные данные (блок 1) обеспечивают исходной информацией информационные имитационные модели (И. И. М.), (бл.7, бл.8, бл.9, бл.10, бл.11); аналитическую линейную модель по определению нагрузок на забой (бл.6) и нелинейную аналитическую модель оптимального управления рудником (бл.4), интуитивную модель (бл.14). Для каждого определенного с помощью информационных имитационных моделей отрезка времени  $t_i$  в течение которого количество очистных и проходческих комплексов постоянно, определяется необходимая информация для формирования линейной модели по определению нагрузок на забой. Тем самым определяются неизвестные величины  $t_1^k, t_2^k, \tilde{t}_1^k, \tilde{t}_2^k, Y_{k,m,p,t}, \bar{Y}_{k,m,p,t}$ . Затем готовится вся необходимая информация для принятия интуитивного решения, обеспечивающего определение величины  $X_{k,m,p}$ .

Таким образом, последовательно формируются один вариант решения задачи (бл.17). Аналогичным образом формируется конечное число вариантов решения (бл.20), из которых по заданному критерию выбирается лучший.



Дей. 1. *Επιτελεσθησάτω δαδαι η ιασησάτω ατάσάσάτω νί 2-αί αιδεσάτω ΔΟ*

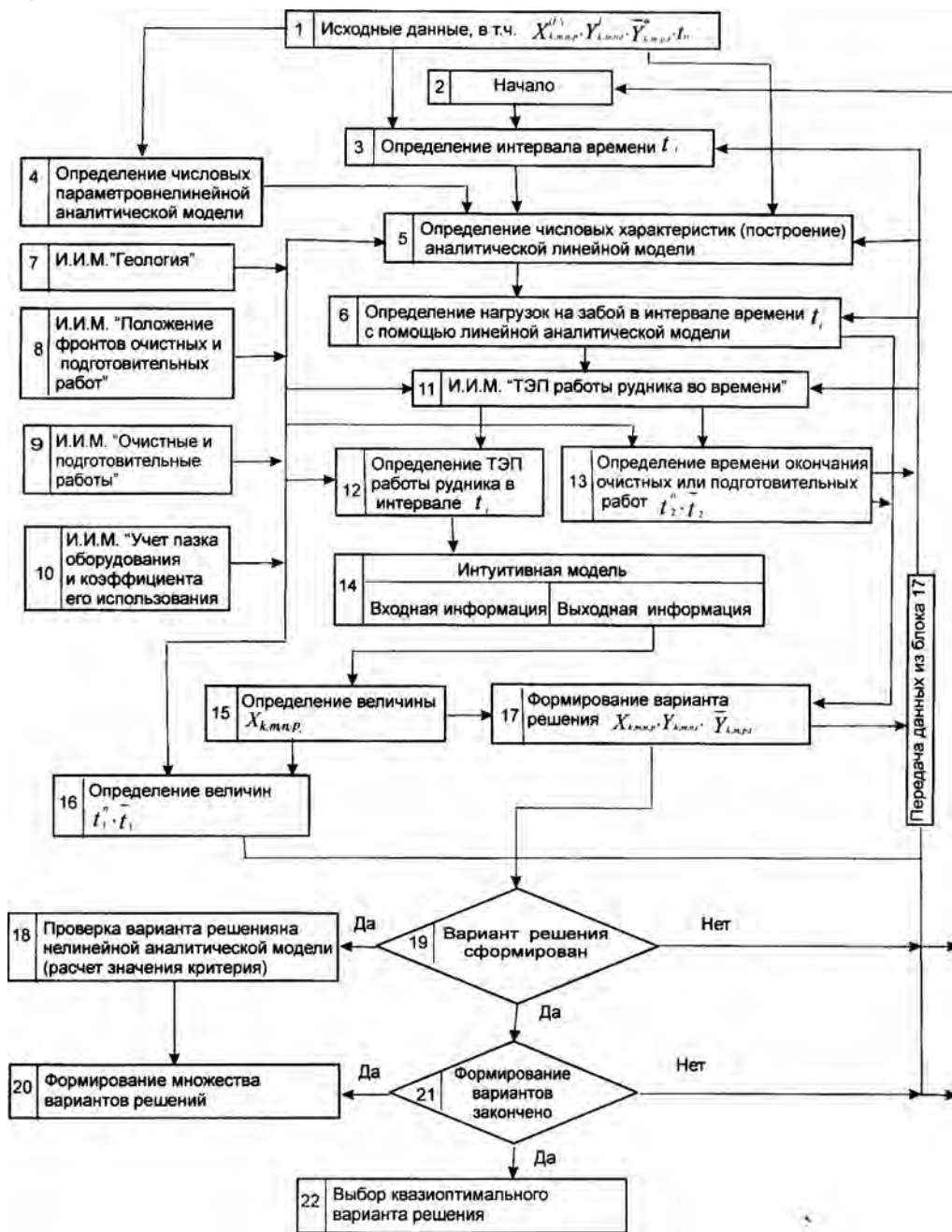
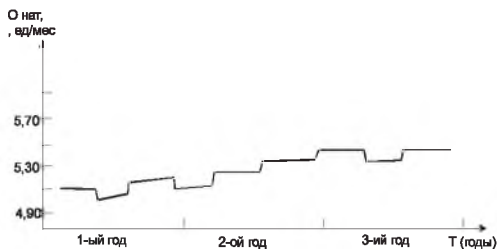


Рис. 2. Блок-схема алгоритма управления производственной деятельностью калийных рудников с помощью интуитивных математических моделей



Таким образом, найденные величины,  $Y_{k,m,n,t}, \bar{Y}_{k,m,p,t}, I_1^k, I_2^k, \tilde{I}_1^k, \tilde{I}_2^k$  удовлетворяют исследуемой оптимизационной задаче формализованной в аналитическом виде в виде нелинейной экономико-математической модели. Полученное решение квазиоптимально, т.к. при его определении рассматривается конечное количество возможных решений.

На основании разработанной интеграционной имитационной модели предназначенной для оптимального управления производственной деятельностью калийных рудников была построена автоматизированная система планирования очистных и проходческих работ на период от года до пяти лет, условно названная АСППОР. С ее помощью по исходным данным известным на момент времени  $t_0$  равное первому месяцу года разработан вариант перспективного плана на 3 года и соответствующий ему вариант организации работ очистных и проходческих комплексов для второго горизонта того же, второго РУ, что и на рис. 1. На рис. 3 представлен расчетный с использованием АСППОР один из технико-экономических показателей данного варианта развития горных работ – количество руды, предполагаемой к добыче по месяцам за 3 года.

Анализ показателей вариантов развития горных работ, полученных с использованием АСППОР, в том числе, и представленных на рис. 3; позволяет заключить, что показатели работы рудника при условии управления им с

*Дей. 3. Тейт ете-андоа доай, идайтееаааае е аай-а нй 2-й аидецида ДО и лануоа, нндоаеааае н ентееааааеа еодааааеи-йе пеее*

использованием математических моделей более стабильны, количество руды не носит такой изменчивый характер во времени, как в случае, представленном на рис. 1. Подсистема АСППОР адекватно моделирует производственные процессы и позволяет составить перспективные планы отличающиеся более высокими показателями, нежели планы разрабатываемые традиционными методами.

На основании исследований вышеизложенных в данной работе можно сделать следующие выводы:

1. Сформулирована и формализована, исходя из представлений системного подхода, наиболее общая задача оптимального управления производственными процессами отличающаяся от известных тем, что предполагает совместные решения задач планирования развития горных работ, организации работ очистных и проходческих комплексов, выбора технологий очистных и подготовительных работ, пригодная для большинства этапов жизнедеятельности рудников.

2. Численное квазиоптимальное решение формализованной задачи получено с помощью специально разработанных имитационных интеграционных математических моделей, отличающихся от известных тем, что содержат в себе преимущества интуитивных имитационных и аналитических моделей.

3. На базе персональной ЭВМ построена интеграционная имитационная математическая модель оптимального управления производственной деятельностью калийных рудников, позволяющая улучшить технико-экономические показатели производства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богатов Б.А., Штургалов Ю.А. Математическое моделирование и обоснование решений в горном производстве. - Минск: Белорусская горная академия, 2002 – 367 с.

### Коротко об авторах

Штургалов Ю.А. – кандидат технических наук, доцент Белорусского НТУ, г. Минск.