

УДК 656.078.81/.87

Информационно технологические системы подготовки принимаемых решений по запросам и реализации горно-шахтного оборудования

Е. Н. Павлюк, О. А. Криводубский

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк
luxury.l@yandex.ru, oleg.krivodubski.dn@gmail.com

Аннотация

В современных условиях России, деятельность горнорудных предприятий осложняется введением санкций на поставку оборудования. Это определяет необходимость создания отечественного оборудования, как основу импортозамещения. Статистические данные, характеризующие выход из строя импортных горнодобывающих устройств за период квартал, полгода, год являются основой для определения видов и количества выходящей из строя импортной техники с оценкой возможности ее замещения на основании которой могут формироваться заказы, отечественным предприятиям, которые проектируют и выпускают горно-шахтное оборудование.

Введение

Одной из важнейших задач, стоящих перед наукой в настоящее время является создание качественного оборудования, позволяющее переводить отечественную промышленность на общемировой уровень и даже превышать его. Как правило, в предыдущие периоды горнодобывающая промышленность России использовала высокотехнологическое оборудование западных образцов. При этом перспективное проектирование и изготовление отечественных образцов оборудования, как правило ориентировалось на зарубежные аналоги. Введение санкций на поставку импортного оборудования, является основанием для определения количественных и качественных показателей отечественного оборудования, призванного замещать импортное оборудование. Актуальным является разработка математической модели, позволяющей оценивать количественные и качественные оборудования, используемого на отечественных предприятиях. Разрабатываемые математические модели являются инструментарием в системах принятия решений, определяющих задания фирмам способным производить это оборудование. методические основы прикладного анализа позволяют кроме оценок количества импортзамменяемого оборудования учитывать качественные показатели заказываемых в промышленности образцов.

В дальнейшем исследовании инструментарий принятия решений, излагаемый в работе позволяет рекомендовать решения, касающиеся качественных показателей заказываемого оборудования: прочность, высокие сроки ремонтного и межремонтного обслуживания, производительность, уровень автоматизации, оснащённость программным и

интеллектуальным обеспечением, доступность обучения работе на этом оборудовании, надежность элементов. Кроме вышеперечисленных качеств инструментарий системы подготовки принимаемых решений может быть использован для определения высококачественных технических показателей эксплуатации оборудования: высота и ширина охвата, обрабатываемого материала, охват груди забоя, крупность частиц, условия транспортировки и погрузки добываемого материала, эксплуатационная износостойкость элементов оборудования, периодичность текущего обслуживания оборудования, себестоимость выпуска этих образцов оборудования, доход и прибыль, показатели экономической эффективности, его использования.

В настоящее время происходит очередной переход в области выбора образцов отечественного горно-шахтного оборудования, позволяющего эффективно реализовать технологические процессы, существующие на отечественных горнодобывающих предприятиях. Для реализации данного перехода необходимо определить возможности отечественных предприятий способных успешно реализовать программу импортозамещения в соответствии с рекомендациями, вырабатываемыми системой подготовки принимаемых решений. При этом Актуальным является определение условий и объемов финансирования этих разработок, государственных и частных инвесторов способных финансировать эти разработки.

В основе данной работы лежит классическая постановка и методология синтеза оптимальных систем управления [1]. Рассматриваемая система подготовки принимаемых решений как образец оптимальной системы управления характеризуется в виде

системы с неполной информацией об объекте. Это определяется тем, что в современной практике при создании такой системы невозможно собрать статистический материал, полностью характеризующий потребности горнодобывающих предприятий в соответствующем оборудовании в том числе подпадающему под санкции. В соответствии с этим интервалы квантования квартал, полгода, год предназначены для статистического пополнения информации о количестве оборудования подлежащего замене. При этом предлагаемая система позволяет вырабатывать управляющее воздействие о заказах, создании и эксплуатации отечественного оборудования на эти периоды. Система позволяет корректировать плановые задания на проектирование и изготовление горношахтного оборудования в указанные периоды квантования, пополняя информации об объекте управления. Таким образом предлагаемый в работе инструментарий системы управления рассматривается как составная часть дуальной системы управления, когда управляющее воздействие является и изучающим объектом управления.

При создании инструментария используются принципы системного анализа [2] подкрепляющий методологический материал работы [13] за счет использования аппарата прикладной математики включающий в себя математический анализ, функциональный анализ, конструктивные теории функций, численные методы решения оптимизационных задач. Для создания математических моделей различного вида использованы методические положения работ [30].

Разработка системы принимаемых решений включает в себя разделы:

- анализ характеристик горнодобывающего оборудования отечественного и импортного производства;
- классификация переменных;
- определение временных характеристик показателей - переменных;
- исследования взаимосвязи показателей (нелинейность);
- разработка математических моделей;
- параметрическая модификация моделей;
- проверка адекватности моделей по обучающей выборке;
- физическая и формальная постановка задачи управления и оптимального управления;
- выбор численного метода решения моделей и поиска экстремума функционала цели управления;
- разработка алгоритмов и программного обеспечения системы управления;
- выбор и реализация базы данных и базы знаний;
- включение системы вычислительную сеть

в России;

- опытно промышленное испытание системы управления;
- проверка адекватности системы управления по контрольной статистической выборке;

Каждая из перечисленных совокупностей составных частей научного исследования характеризуется своими особенностями.

Анализ характеристик объекта управления «в большом» должен базироваться в совокупности технических и эксплуатационных характеристик горношахтного оборудования в совокупности поступающей из базовой вычислительной сети России как «облачной системы». Экономические показатели, характеризующие стоимость готового оборудования и разрабатываемого импортзамещения требуют индивидуального подхода с получением информации от фирм, эксплуатирующих это оборудование, институтов, проектирующих новые образцы и предприятий изготавливающие проектирование оборудования. В соответствии с этим база данных разрабатываемая системой управления должна содержать разделы и подразделы, характеризующие эти показатели для большой совокупности видов применяемого горношахтного оборудования, а база знаний системы должна содержать правила пополнения этих данных.

Классификация переменных включает в себя входных и выходных управляющих переменных, при этом совокупность показателей технологического характера относящихся к эксплуатационной деятельности (производительность, технологические возможности, специализация) составляет основы разделов и подразделов баз данных. Отдельно в базу данных заносятся показатели оборудования, подчиненного секционному ограничению. Отдельным разделам базы данных являются характеристики заказов на продукцию импортзамещение [11, 12], характеристики проектных организаций и предприятий, предназначенных для горношахтного оборудования. В разделы базу данных так же заносятся экономические показатели, характеризующие себестоимость стоимость амортизация эксплуатируемого замещающего и проектируемого горношахтного оборудования.

Анализ временных характеристик относятся к периоду оценки выделенных интервалов квартал, полгода, год, показателей выхода оборудования из строя и импортзамещения, то есть процесс управления этими показателями носит стационарный характер. Для решения задач проектирования и изготовления новых образцов необходимо учитывать их временные показатели на более

мелких интервалах и процесс может рассматриваться как не стационарный.

Исследование взаимосвязи показателей может осуществляться физически, математически и экономически. Математическая составляющая позволяет оценивать взаимосвязи по коэффициентам взаимной корреляции показателей рассчитанным по поступающим статистическим данным. В соответствии с этим определяется тип создаваемой математической модели: линейные и нелинейные.

В соответствии с предыдущими исследованиями осуществляется постановка задач моделирования в виде математических выражений, связывающих входные и выходные переменные как параметрических структур. Методически предполагается разработка статических статистических моделей и в перспективе детерминированных динамических моделей.

На основании собранных статистических данных показателей за истекший период осуществляется их параметрическая идентификация и проверяется адекватность этих моделей по соответствующим критериям.

Постановка задачи оптимальных решений включает в себя задачи организационно-технического и экономического характера. Предусматривается формализация этих постановок задач в виде соответствующих функционалов цели те есть система управления рассматривается как полифункциональная.

Экспериментальное значение функционалов цели определяется с помощью численных процедур с определением численных значений управляющих переменных соответствующим экстремальных значений функционала целей.

Инструментарий подготовки принимаемых решений содержит входящий в алгоритм системы содержит математические модели, функционалы целей, численные процедуры решения уравнения моделей и экстремальных задач, созданный алгоритм предусматривает заполнение базы данных системы и разделов базы знаний, позволяющих пользоваться этими данными.

Включение инструментария принимаемых решений в базу данных России проблематично относительно перспективных возможностей создания облачной сети страны. Опытной промышленной эксплуатацией предлагаемого инструментария системы подготовки принимаемых решений может быть реализована по структурным составляющим технологического и экономического характера.

Постановка и реализация задачи моделирования

В современных условиях дефицита оборотных средств предприятия различного вида

сопровождающимся случайным характером спроса на реализуемое оборудование. Существенную роль играет принятие решений по закупки и реализации оборудования на плановый период месяц [3, 4]. Это определяется тем что количество закупаемого и реализуемого оборудования должно быть сбалансированным до минимального уровня нереализованного оборудования [9]. Такая постановка вопроса является актуальной поскольку при отсутствии сбалансированности предприятия вынуждены сокращать цены и соответственно доходы на нереализованное оборудование [15, 19] последующие плановые периоды уменьшая цену реализации ниже закупочной проводя аукционную политику [20, 21].

В основе алгоритма принятия тактических решений лежит случайный характер движения оборудования через фирмы. Это обуславливает применение статистического аппарата на базе которого разрабатывается совокупность регрессионных полиномов характеризующие количественные и ценовые показатели закупаемого оборудования. Такая совокупность полиномов характеризует математическую модель прогноза перечисленных показателей тактической деятельности предприятий, так как коэффициенты полиномов учитывают случайный характер, изменения рыночных соотношений базирясь на статистическом материале, сформированном из предыдущих показателей предприятий.

Взаимное влияние показателей [26, 27], характеризующих количественную и ценовую составляющие деятельность предприятий за каждый месяц является существенной характеристикой торгово-закупочной деятельности поэтому прогноз деятельности предприятий осуществляется с помощью линейных статических статистических моделей [8], созданных с помощью методов прикладного регрессионного анализа. Эти модели позволяют предприятиям принимать решения с точностью прогноза определяемой адекватностью моделей.

Для создания математической модели проведено классификацию переменных на входные и выходные составляющие, для каждого из которых сформированы статистические выборки их значений за предыдущие периоды. Осуществлена постановка задачи математического моделирования [28, 29] и определены виды уравнений, характеризующих количественные и стоимостные значения каждой группы оборудования относительно общего значения выходных показателей [23, 25]. Статистическая совокупность значений входных и выходных показателей является основой для создания информационных матриц [6, 16], характеризующих соотношение численных значений выходных переменных, и соответствующих им значений входных

переменных.

Создание математической модели включает в себя совокупность процедур, подчиненных основам математической статистики и содержит дисперсионный, корреляционный и регрессионный анализ [14].

Дисперсионный анализ позволяет оценивать среднестатистический разброс показателей статистического материала, сформированного по совокупности движения

Регрессионный анализ подчиняется алгоритму:

$$B = (\bar{U}^T \cdot \bar{U})^{-1} \cdot \bar{U}^T \cdot \bar{y}, \quad (1)$$

где $B=(b_0, b_1, \dots, b_n)$ – вектор параметров модели; (2)

\bar{U} - информационная матрица статистических данных характеризующая деятельность предприятий;

\bar{U}^T - транспонированная информационная матрица;

\bar{y} - вектор значений выходной переменной.

Для полинома вида (3) каждого B рассчитываются коэффициенты значимости t_j фактора, характеризующие степень влияния входных переменных на выходной. Значимость подчиняется условию. Коэффициент значимости позволяет оценить силу влияния каждого фактора x на выходную переменную y и направление влияния, в зависимости от его знака.

В качестве выходных переменных приняты обобщенные показатели [17, 24] видов оборудования как по группам, так и по их совокупности.

В качестве входных показателей [28, 18] приняты количественные оценки характеризующий каждый вид оборудования в группе. В соответствии с этим расчеты, осуществляемые в комплексе регрессионного анализа, включают в себя определение численных значений параметров (коэффициентов) модели вида (1).

Регрессионные модели-полиномы представлены в виде (2).

товаров за предыдущие периоды, их вариацию, граничные размеры интервалов изменения количественных показателей, наибольшее и наименьшее значение каждого показателя статистических выборок.

Корреляционный анализ предназначен для определения взаимного влияния показателей друг на друга и соответственно, определения нелинейности будущих членов регрессионного полинома.

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n = b_0 + \sum_{i=1}^n b_ix_i, \quad (3)$$

где b - вектор параметров; n - номер фактора.

Факторы модели не удовлетворяющему этому условию исключаются из состава полинома на последующих шагах регрессионной процедуры. В связи с тем, что информационная матрица формируется за счет статистических показателей [10, 13] движения оборудования за месяц из двух с половиной предыдущих лет, программой предусмотрено статистическая оценка адекватности модели по (обучающей) выборке предоставленной в виде матрицы. Адекватность оценивается по четырем статистическим оценкам основным, из которых является остаточная дисперсия, масштабированная характеризующие погрешность прогноза по модели.

Эта оценка подчинена условию $S_{1z}^2 \rightarrow 0$. В соответствии с перечисленными особенностями программного обеспечения представлена группа уравнений, математической модели предназначенной для прогноза закупки и реализации горно-шахтного оборудования.

Проведен анализ характеристик объекта управления, выделены показатели [5, 7] которые в дальнейшем рассматриваются как совокупность входных и выходных переменных моделей [10]. Выделены четыре основные группы оборудования и их обозначения, как входных и выходных переменных [1, 13] моделей [25, 28] которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Группы оборудования

№ п/п	Наименование групп товаров	Группы	входные переменные	выходные переменные	Количество	Стоимость
1.	Отечественные	Γ_1	x^1	y^1	Z_{11}	Z_{21}
2.	Импортные	Γ_2	x^2	y^2	Z_{12}	Z_{22}
3.	Подверженное санкциям	Γ_3	x^3	y^3	Z_{13}	Z_{23}
4.	Оборудование отечественного замещения	Γ_4	x^4	y^4	Z_{14}	Z_{24}

Для каждой группы товаров (Γ) в зависимости от ее наполнения выделенных подгруппы товаров (ПГ) можно записать в выражении:

$$\Gamma = \bigcup_1^4 \text{ПГ}_i \quad (4)$$

Наименование подгрупп оборудования, показатели количества и дохода приведены в таблицах 2, 6, 10, 14.

Таблица 2 - Наименование подгрупп оборудования в группе оборудования «Отечественные»

№ п/п	Наименование подгрупп товаров	Подгруппа	Количество	Стоимость
1.	Бульдозеры	ПГ ₁	y_1^1	y_2^1
2.	Одноковшовые экскаваторы	ПГ ₂	y_3^1	y_4^1
3.	Колесные погрузчики	ПГ ₃	y_5^1	y_6^1

Подгруппы оборудования, приведенные в табл. 2, содержат в себе ассортимент оборудования [18], который представлен в таблицах 3, 4, 5, 6, 7.

Модель первой подгруппы (ПГ₁) подчинена совокупности оборудования приведенных в табл. 3.

Таблица 3 - Наименование оборудования в подгруппе «Бульдозеры».

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Стоимость
	Бульдозеры	y_1^1	y_2^1
1.	Б10М	x_{11}^1	x_{21}^1
2.	Б11	x_{12}^1	x_{22}^1
3.	ДСТ-УРАЛ D14	x_{13}^1	x_{23}^1
4.	ЧЕТРА T25	x_{14}^1	x_{24}^1

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных, характеризующих группы оборудования, приведенные в таблице 3, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу ПГ₁.

Уравнение прогнозирующее количество оборудования подгруппы ПГ₁

$$y_1^1 = -97.21957 + 1.70393x_{11} + 1.15880x_{12} + 3.19501x_{13} + 3.43767x_{14}. \quad (5)$$

Коэффициент значимости:
 $t_j \geq 5.3508, 5.2137, 5.2162, 3.6802. \quad (6)$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает реализация оборудования группы Бульдозер Б10М.

Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,17$

Уравнение характеризующее доход от реализации этого оборудования представлено в виде:
 $y_2^1 = -4467.47559 + 3.78853x_{21} + 2.09800x_{22} + 2.21062x_{23} + 0.92106x_{24} \quad (7)$

Коэффициент значимости:
 $t_j \geq 8.2292, 5.6967, 4.2955, 5.1706 \quad (8)$

Как следует из совокупности показателей наибольшее влияние оказывает с оборудования группы Бульдозер Б10М.

Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,15$

Модель второй подгруппы (ПГ₂) подчинена совокупности оборудования приведенных в табл. 4.

Таблица 4 - Наименование оборудования в подгруппе «Одноковшовые экскаваторы»

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Стоимость
	Одноковшовые экскаваторы	y_3^1	y_4^1
1.	МТП-71А	x_{31}^1	x_{41}^1
2.	ЭО-4224	x_{32}^1	x_{42}^1
3.	ЭО-6123А-1	x_{33}^1	x_{43}^1

Коэффициент значимости:

$t_j \geq 5.3546, 3.2799, 7.4017. \quad (10)$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает реализация оборудования группы Экскаватор ЭО-6123А-1.

Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,2.$

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных, характеризующих группы оборудования, приведенные в таблице 4, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу ПГ₂.

Уравнение, прогнозирующее количество оборудования подгруппы ПГ₂:

$$y_3^1 = -3326.33813 + 1.56220x_{31} + 1.36378x_{32} + 2.21001x_{33}. \quad (9)$$

Уравнение, характеризующее доход от реализации этого оборудования, представлено в виде:
 $y_4^1 = -5179.22119 + 2.13166x_{41} + 2.98379x_{42} + 1.63504x_{43}$. (11)

Коэффициент значимости:
 $t_j \geq 6.7842, 6.2195, 4.9326$. (12)

Как следует из совокупности показателей наибольшее влияние оказывает доход с оборудования группы Экскаватор МТП-71А.

Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,18$.

Модель третьей подгруппы (ПГ₃) подчинена совокупности оборудования приведенных в табл. 5.

Таблица 5 - Наименование оборудования в подгруппе «Колесные погрузчики»

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Стоимость
	Колесные погрузчики	y_5^1	y_6^1
1.	Кировец К-702МА-ПК6	x_{51}^1	x_{61}^1
2.	Орел-погрузчик ГО-25	x_{52}^1	x_{62}^1
3.	Технокор МДСУ 5000	x_{53}^1	x_{63}^1

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных, характеризующих группы оборудования, приведенные в таблице 5, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу ПГ₃.

Уравнение, прогнозирующее количество оборудования подгруппы ПГ₃:

$y_5^1 = -78.91557 + 1.40936x_{51} + 1.53114x_{52} + 3.49623x_{53}$. (13)

Коэффициент значимости:
 $t_j \geq 8.4181, 7.3317, 8.8734$. (14)

Как следует из совокупности показателей наибольшее влияние оказывает реализация оборудования группы Технокор МДСУ 5000.

Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,19$

Уравнение, характеризующее доход от реализации этого оборудования, представлено в виде:
 $y_6 = -135.03444 + 2.74673x_{61} + 1.22011x_{62} + 0.86169x_{63}$. (15)

Коэффициент значимости:
 $t_j \geq 6.5838, 8.0023, 7.6147$. (16)

Как следует из совокупности показателей наибольшее влияние оказывает доход с оборудования группы Технокор МДСУ 5000.

Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,22$.

Модель второй группы (Г₂) подчинена совокупности подгрупп оборудования приведенных в табл. 6.

Таблица 6 - Наименование подгрупп оборудования в группе оборудование «Импортные»

№ п/п	Наименование подгрупп товаров	Подгруппа	Количество	Стоимость
1.	Бульдозеры	ПГ ₄	y_1^2	y_2^2
2.	Одноковшовые экскаваторов	ПГ ₅	y_3^2	y_4^2
3.	Колесные погрузчики	ПГ ₆	y_5^2	y_6^2

Подгруппы оборудования «Импортные» содержат в себе ассортимент оборудования который представлен в таблицах 7, 8, 9.

Модель первой подгруппы (ПГ₄) подчинена совокупности оборудования приведенных в табл. 7.

Таблица 7 - Наименование оборудования в подгруппе «Бульдозеры»

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Стоимость
	Бульдозеры	y_1^2	y_2^2
1.	Hbxg shehwa TY165-3	x_{11}^2	x_{21}^2
2.	Caterpillar D5R2	x_{12}^2	x_{82}^2
3.	Zoomlion ZD160-3	x_{13}^2	x_{23}^2
4.	Komatsu D65	x_{14}^2	x_{24}^2

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных характеризующие группы оборудования, приведенных в таблице 7, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу ПГ₄.

Уравнение прогнозирующее количество оборудования подгруппы ПГ₄:
 $y_1^2 = -148.45802 + 0.87540x_{11} + 1.99500x_{12} + 2.40480x_{13} + 2.46629x_{14}$. (17)

Коэффициент значимости:
 $t_j \geq 4.3799 + 6.8278 + 5.3701 + 3.9592.$ (18)

Как следует из совокупности показателей наибольшее влияние оказывает реализация оборудования группы Caterpillar D5R2.

Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,18$.

Уравнение характеризующее доход от реализации этого оборудования представлено в виде:
 $y_2^2 = -491.42896 + 5.73828x_1 + 1.37101x_2 + 1.39672x_3 + 1.26278x_4.$ (19)

Коэффициент значимости:
 $t_j \geq 6.8342, 5.9217, 3.8277, 6.2268.$ (20)

Как следует из совокупности показателей наибольшее влияние оказывает доход с оборудования группы Hbxg shehwa TY165-3. Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,18$

Модель второй подгруппы (ПГ₅) подчинена совокупности оборудования приведенных в табл. 8.

Таблица 8 - Наименование оборудования в подгруппе «Одноковшовые экскаваторы»

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Стоимость
	Одноковшовые экскаваторы	y_3^2	y_4^2
1.	Cukurova 884	x_{31}^2	x_{41}^2
2.	Swampking SK160ABC	x_{32}^2	x_{42}^2
3.	Zoomlion ZE245E	x_{33}^2	x_{43}^2
4.	Sunward SWE 210	x_{34}^2	x_{44}^2

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных характеризующие группы оборудования, приведенных в таблице 8, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу ПГ₅.

Уравнение прогнозирующее количество оборудования подгруппы ПГ₅

$y_3^2 = -11.89630 + 0.33906x_1 + 0.29097x_2 + 0.46881x_3 + 0.58443x_4.$ (21)

Коэффициент значимости:
 $t_j \geq 5.9740, 4.2852, 5.5002, 3.6000.$ (22)

Как следует из совокупности показателей наибольшее влияние оказывает реализация оборудования группы Cukurova 884.

Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,19$

Уравнение характеризующее доход от реализации этого оборудования представлено в виде:

$y_4^2 = -488.92413 + 7.27175x_{41} + 2.32044x_{42} + 1.21432x_{43} + 1.13919x_{44} .$ (23)

Коэффициент значимости:
 $t_j \geq 4.5788, 4.8721, 5.4110, 6.3376.$ (24)

Как следует из совокупности показателей наибольшее влияние оказывает доход с оборудования группы Sunward SWE 210.

Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,20$.

Модель третьей подгруппы (ПГ₆) подчинена совокупности оборудования приведенных в табл. 9.

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных характеризующие группы оборудования, приведенных в таблице 9, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу ПГ₆.

Таблица 9 - Наименование оборудования в подгруппе «Колесные погрузчики» (материал автора).

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Стоимость
	Колесные погрузчики	y_5^2	y_6^2
1.	XCMG LW300FN	x_{51}^2	x_{61}^2
2.	CASE 1121F	x_{52}^2	x_{62}^2
3.	SEM 655D	x_{53}^2	x_{63}^2

Уравнение прогнозирующее количество оборудования подгруппы ПГ₆

$y_5^2 = -462.24338 + 2.01581x_{51} + 1.42281x_{52} + 2.64748x_{53}.$ (25)

Коэффициент значимости:
 $t_j \geq 6.3827, 5.0704, 6.5996 .$ (26)

Как следует из совокупности показателей наибольшее влияние оказывает реализация оборудования группы SEM 655D. Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,24$

Уравнение характеризующее доход от реализации этого оборудования представлено в виде:

$$y_6^2 = -4745.49707 + 35.01508x_{61} + 1.64829x_{62} + 1.17371x_{63}. \quad (27)$$

Коэффициент значимости:
 $t_j \geq 6.0462, 3.7968, 7.1686. \quad (28)$

Как следует из совокупности показателей наибольшее влияние оказывает доход с оборудования группы SEM 655D. Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,29$

Выводы

Современная экономика деятельности России деятельность горнодобывающих предприятий осложняются введением санкций на поставку оборудования от западных партнеров. Весомая доля закупаемого оборудования приходится на такие фирмы как Cat, Komatsu, Liebherr, Liebherr, Caterpillar, Hitachi Group, Tong Hyung, Halla, Nissan. Санкционные ограничения затрагивают не только поставку этих машин, но и их комплектующих. В данной работе рассматривается долевое соотношение различных видов горно-шахтного оборудования отечественного и импортного оборудования функционирующих на отечественных горнодобывающих предприятиях.

Для оценивания этого соотношения предлагается инструментарий принятия решений в виде математических моделей. В качестве образца принята малая доля горношахтного оборудования предназначено для проведения горнорудных работ. Методически инструментарий может быть использован для аналогичного оценивания всех возможных видов горношахтного оборудования. Результаты решений, прогнозируемых по модели, могут быть использованы в государственной программе импортозамещения с условиями государственного и инвестиционного финансирования, определяющего экономические условия проектирования и изготовления отечественного горношахтного оборудования, имеющего технические и эксплуатационные характеристики не ниже импортных образцов.

В основе подключения проектно-конструкторских и технологических организаций к решению проблемы импорт замещения лежат статистические данные, накапливаемые в «облачных» системе России которые отражают состояние горнодобывающего оборудования на каждый квартал и год

Литература

1. Хорешок, А.А., Кузнецов В.В., Борисов А.Ю. Обоснование геометрических параметров дискового инструмента для исполнительных органов проходческих комбайнов // Горное оборудование и электромеханика, 2008. - № 2. - С. 11-13.
2. Хорешок, А.А., Кузнецов В.В., Борисов А.Ю. Прогнозирование максимального объема разрушенного материала дисковым инструментом //

Горный информационно-аналитический бюллетень, 2011. - № 9. - С. 299-304.

3. Li F., Cai Z., Kang Y. A Theoretical Model for Estimating the Wear of the Disc Cutter//Applied Mechanics and Materials, 2011. - Т. 90-93. - PP. 2232-2236.

4. The Transport Needs of the Mining Industry WORKING GROUP SUMMARY. Online publication pdf. www.liikennevirasto.fi. Finnish Transportation Agency, HELSINKI, 2013.

5. Кантович, Л. И., Хазанович Г. Ш., Волков В. В., Воронова Э. Ю., Отроков А. В., Черных В. Г. Машины и оборудование для горностроительных работ. - М.: Горная книга, 2013. - 445 с.

6. Коссов, Е. Е., Старовойт В. А. Выбор характеристик магистральных и маневровых тепловозов. В: Повышение топливной экономичности тепловозов. Труды ВНИИЖТ, 1991. - 238 с.

7. Бурый, Г.Г., Потеряев И.К., Скобелев С.Б., Ковалевский В.Ф. Повышение производительности одно ковшового гидравлического экскаватора за счет ковша новой конструкции // Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2019. - Вып. 9. - С. 12-19.

8. Березовский, Н.И., Нагорский А.В. Горные машины и оборудование: в 2-х ч. Минск: БНТУ, 2012. Ч. 1: Проектный расчет эксплуатационных параметров бульдозера. - 143 с.

9. Пестриков, С.А., Иванов, Н.К., Шаякбаров И.Э. Внедрение инновационных решений в сфере транспортных услуг // Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2017. - Вып. 5. - С. 157-164.

10. Poderni R.Yu. Gornaya promyshlennost'. 2013. - no 4. - PP. 48-54.

11. Очистные комбайны для выемки угля длинными очистными забоями. — Режим доступа: https://www.zepelin.ua/upload/pdf/longwall_shearers.pdf

12. Зарубежная техника наступает на отечественные разрезы и карьеры. Горнопромышленный портал России. — Режим доступа: <http://www.miningexpo.ru/articles/118>

13. Рыжков, А.А., Карненко С.М, СукачевА.Б. Импортозависимость в угольной промышленности и перспективы импортозамещения горно-шахтного оборудования, 2017. – № 2 (132). - С. 66–70.

14. Цветков, В.Н. Новое поколение мощных карьерных экскаваторов // Горное оборудование и электромеханика, 2006. - №2.

15. Кулешов, А.А. Оценка потребности в горной технике для открытых горных работ на перспективу//Горные машины и автоматика, 2002.

16. Григорьев, М.С., Ковалёва, Т.Е., Тутов, С.С. Анализ конструкции и особенности шагающего экскаватора, применяемого в горной промышленности // Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2020. - Вып. 6. - С. 251- 254.

17. Novyi kar'ernyi ekskavator Cat-6020. Construction and Road Building Machinery, 2015. - No. 4. - PP. 59–60. (rus)
18. Roxborough F. F., Phillips H. R. Rock excavation by disc cutter//International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 1975. -Т. 12. - № 12. -PP. 361-366.
19. Gavrishchev, S.E., Burmistrov, K.V., Kornilov S.N., Tomilina N.G. Justification of rock haulage flow charts using open pit mine hoisters in hybrid open pit/underground mining. Gornyy zhurnal, 2016. - no 5. - PP. 41—47. [In Russ].
20. Carabassa V.D., Nabais D.C., Roiloa S.R., Rodríguez-Echeverría D.S. Revegetation of abandoned copper mines: The role of seed banks and soil amendments. Web Ecology, 2013. - Vol.28. – no 4. - PP. 420—422.
21. Komatsu D575A — самый большой бульдозер в мире! [Электронный ресурс] - URL: <http://interesnie-fakti.net/komatsu-d575a-samyj-bolshoj-buldozer-v-mire/> (дата обращения: 15.01.2021 г.)
22. Интернет-сайт Могилевского автомобильного завода, [электронный источник]. - Режим доступа: <http://www.moaz.ru/skreper.htm> (дата обращения: 15.03.2022), свободный. Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
23. Интернет-сайт компании Caterpillar Inc., [электронный источник]. - Режим доступа: http://www.cat.com/ru_RU/products/new/equipment/wheel-tractor-scraper.html.
24. Komatsu Ltd.: сайт. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.komatsu.ru>. (дата обращения: 20.10.2021).
25. Дрейпер Н., Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М.: Вильямс, 2016. – 912 с.
26. Фельдбаум, А.А., Основы теории оптимальных автоматических систем. - М.: Физматгиз, 1963. - 552 с.
27. Симагина, С.Г. Математическое моделирование оптимизации выбора объектов закупок // Вестник Московского университета МВД России № 1, 2006. – С. 101-104.
28. Чичик И.А., Семенов Д.А., Определение возможности применения регрессионных зависимостей для прогнозирования основных параметров перспективных моделей гусеничных бульдозеров/ Дальневосточный федеральный университет, Россия, International Journal of Humanities and Natural Sciences, vol. 5-1 (44), 2020, DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10461
29. Джеймс, Г., Уиттон, Хасты Т., Тибширани Р. / Введение в статистическое обучение с примерами на языке R. Пер. с англ. С.Э. Мастицкого. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 450 с : ил.
30. Регель, В. Р., Слуцкер, А. И., Томашевский, Э. Е. Математическое моделирование // Кинетическая природа. прочности твердых тел. - М.: Наука, 1974. - 567 с.

Криводубский О.А., Павлюк Е.Н. Информационно технологические системы подготовки принимаемых решений по запросам и реализации горно-шахтного оборудования. В современных условиях России, деятельность горнорудных предприятий осложняется введением санкций на поставку оборудования. Это определяет необходимость создания отечественного оборудования, как основу импортозамещения. Статистические данные, характеризующие выход из строя импортных горнодобывающих устройств за период квартал, полгода, год, являются основой для определения видов и количества выходящей из строя импортной техники с оценкой возможности ее замещения, на основании которой могут формироваться заказы отечественным предприятиям, которые проектируют и выпускают горно-шахтное оборудование.

Ключевые слова: горно-шахтное оборудование, математическая модель, система подготовки принимаемых решений, оформление, математическая статистика.

Krivodubsky Oleg, Pavlyuk Elena: Information technology systems for the preparation of decisions made on requests and the implementation of mining equipment. In modern conditions of Russia, the activities of mining enterprises are complicated by the imposition of sanctions on the supply of equipment. This determines the need to create domestic equipment as the basis for import substitution. Statistical data characterizing the failure of imported mining devices for the period of a quarter, half a year, a year are the basis for determining the types and quantity of imported equipment that fails with an assessment of the possibility of its replacement on the basis of which orders can be formed for domestic enterprises that design and manufacture mining equipment.

Key words: mining equipment, mathematical model, decision-making system, design, mathematical statistics.

Статья поступила в редакцию 25.11.2022
Рекомендуется к публикации профессором Зори С. В.