$T_п = T_т + T_о + T_у$

Методические рекомендации по анализу трудоемкости производственных процессов железорудных карьеров

$T = \frac{\Sigma \text{ человеко-часов}}{Q \text{ руды}}$

Белгород · 1976

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЧЁРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР
СОЮЗРУДА

Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, специальным горным работам, рудничной геологии и маркшейдерскому делу
ВИОГЕМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО АНАЛИЗУ ТРУДОЁМКОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРОВ

Белгород 1976

УДК 622.013:622.271.3

В методических рекомендациях изложены основные отправные моменты, которыми необходимо руководствоваться при анализе трудоёмкости и производительности труда при добыче руды по процессам на горнорудных предприятиях, исходя из их специфики.

Основные теоретические и методические положения раскрываются на конкретном примере при анализе трудоёмкости добычи руды на горнорудных предприятиях КМА.

Настоящие методические рекомендации предназначены для экономических служб горнорудных предприятий, а также могут быть использованы научно-исследовательскими и проектными институтами Минчермета СССР и студентами экономических вузов.

Методические рекомендации разработаны лабораторией экономических исследований института ВИОГЕМ совместно с кафедрой организации и планирования горного производства Харьковского инженерно-экономического института кандидатами экономических наук Сергеевым И.В., Дружининым А.В., инженерами Губаревым Б.В., Кривошеенко Э.И.

В сборе материалов, подготовке и апробации отдельных методических положений участвовала инженер Ткаченко М.А.

Научный редактор докт.техн.наук Я.М.Адигамов.

© Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, специальным горным работам, рудничной геологии и маркшейдерскому делу (ВИОГЕМ), 1976 г.

ВВЕДЕНИЕ

Производительность труда является одним из важнейших критериев эффективности общественного производства, поэтому правильное определение уровня производительности труда имеет очень важное значение для объективной оценки работы промышленности в целом и отдельных предприятий.

Определение производительности труда в настоящее время осуществляется двумя методами: по выработке продукции в единицу времени (в натуральном или стоимостном выражении) и затратам труда на производство единицы продукции, т.е. на основе трудоемкости.

Показатель производительности труда, исчисленный в стоимостном выражении, является наиболее удобным в масштабе крупных подразделений – отрасли или предприятия в целом.

Трудоёмкость целесообразно определять для характеристики более дробных производств, отдельных процессов, вплоть до отдельных операций.

Преимущества показателя трудоёмкости состоят в том, что он позволяет судить об эффективности затрат живого труда на разных стадиях изготовления конкретного вида продукции не только по предприятию в целом, но и в цехе, на участке, рабочем месте, т.е. проникнуть в глубину выполнения того или иного вида работ, чего нельзя сделать с помощью показателя производительности труда, исчисленного в стоимостном выражении. Трудовой метод позволяет планировать и учитывать производительность труда на всех стадиях производственного процесса, увязывать и сопоставлять трудозатраты отдельных участков (цехов) и рабочих мест с показателем производительности труда в целом по предприятию, а также уровни трудовых затрат на разных предприятиях в производстве одинаковой продукции. Это открывает дополнительные возможности для изыскания резервов роста производительности труда, а также определения направления и очередности дальнейшей механизации и автоматизации производственных процессов и улучшения организации производства.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что выявление резервов повышения производительности труда на каждом горнорудном предприятии и оценка его деятельности возможны только на основе анализа показателей трудоёмкости по процессам и предприятию в целом.

Анализ трудоёмкости добычи руды на любом железорудном карьере предполагает:

- выбор единицы измерения и метода определения трудоёмкости добычи руды;
- количественный анализ факторов, влияющих на трудоёмкость добычи труда;
- разработку экономико-математических моделей трудоёмкости общей и по процессам;
- определение трудоёмкости добычи руды на основе экономико-математических моделей и её анализ;
- разработку на основе анализа рекомендаций по снижению трудоёмкости добычи руды на карьере.

В данной работе излагается методика комплексного анализа трудоёмкости полной и по процессам на железорудных карьерах для выявления основных резервов повышения производительности труда и объективного сопоставления производительности труда по разным карьерам.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТРУДОЁМКОСТИ

В трудах классиков марксизма-ленинизма трудоёмкость продукции рассматривается как количество всего затраченного труда на единицу продукции и выступает естественной мерой труда. Вместе с тем показатель трудоёмкости отражает качественную структуру трудовых затрат, в основе которых лежит общественное и индивидуальное разделение труда.

На горном предприятии в процессе добычи железной руды, кроме основных производственных рабочих, участвуют и другие категории работающих: вспомогательные рабочие, ИТР, служащие, МОП, труд которых выступает как необходимая составная часть общественного труда в сфере материального производства. Необходимость включения в трудоёмкость продукции трудозатрат вспомогательных рабочих и управленческого персонала вытекает из марксистского учения о "совокупном рабочем" и обусловливается техническим прогрессом, повышающим роль и значение вспомогательных рабочих и ИТР в процессе производства. В полной трудоёмкости продукции синтезируются все элементы производства: организация производственных процессов, технология, управление и обслуживание, составляющие единое неразрывное целое.

Расчёт полной трудоёмкости является объективной необходимостью для планирования, анализа и выявления резервов снижения трудозатрат по процессам производства.

В основу настоящей методики анализа трудоёмкости по процессам железорудных карьеров, а также определения полной трудоёмкости T_{ij} положена работа [1].

Под полной трудоёмкостью понимается сумма всех затрат живого труда на изготовление единицы продукции, измеряемая в человеко-часах. Трудоёмкость определяется из выражения

$$T = \frac{\text{количество отработанного времени, человекочас}}{\text{объём производственной продукции}}$$

В условиях железорудных карьеров трудоёмкость из-

меряется в человеко-часах на 1000 т руды или 1000 т горной массы. При этом, в связи с тем, что производительность труда по предприятию измеряется по конечной продукции, целесообразно отдать предпочтение первому показателю.

В зависимости от состава трудовых затрат, их роли в процессе производства необходимо учитывать следующие виды трудоёмкости, как составные части полной трудоёмкости (T_{1j}) добычи полезного ископаемого.

1. Технологическая трудоёмкость T_{2j} – затраты труда рабочих, осуществляющих технологическое воздействие на предмет труда.

2. Трудоёмкость обслуживания производства T_{3j} – затраты труда вспомогательных рабочих основных и всех рабочих вспомогательных цехов, а также предприятия и сторонних организаций, занятых обслуживанием производства.

3. Трудоёмкость управления T_{4j} – затраты труда ИТР, служащих, МОП и охраны.

При определении трудоёмкости по видам большое значение имеет правильное отнесение на единицу продукции или на процессы и звенья производства затрат труда вспомогательных рабочих, ИТР, служащих и других категорий промышленно-производственного персонала.

Величина трудозатрат рабочих по выполнению комплекса основных работ, характеризующая технологическую трудоёмкость, определяется из табелей выходов рабочих данного предприятия и относится непосредственно на конкретный процесс, без предварительного пересчёта.

Для определения величины трудоёмкости обслуживания наиболее приемлемым является дифференцированный метод отнесения затрат труда вспомогательных рабочих на основные процессы производства. Он заключается в том, что затраты труда одной группы рабочих относятся непосредственно на определенный процесс, а второй – косвенным распределением, пропорционально услугам, оказываемым основным цехам вспомогательными цехами и службами, в соответствии с методикой НИИтруда [1].

Отнесение затрат труда других категорий работающих промышленного персонала: ИТР, служащих, МОП – при оп-

ределении трудоёмкости управления так же должно производиться дифференцировано, т.е. одна группа затрат должна относиться непосредственно на тот или иной процесс производства, а вторая группа - косвенным распределением, пропорционально сумме технологической трудоемкости и обслуживания.

Определение только полной трудоёмкости с расчленением её на виды является недостаточной для полного анализа затрат труда на добычу руды в карьере.

Для более полного анализа трудоёмкости добычи руды необходимо её определять по процессам. Это даст возможность расчленить все процессы по степени затрат труда и заострить внимание на наиболее трудоёмких из них.

Схема расчётов всех видов трудозатрат по процессам карьера исходит из того, что процесс добычи руды при открытой разработке железорудных месторождений представляет собой комплекс взаимоувязанных и технологически самостоятельных процессов - вскрышных и добычных работ.

При классификации процессов производства за основу принята методика [1], согласно которой к основным производственным процессам относятся комплексы работ, в результате которых происходит изменение формы, положения и свойств предметов труда. К вспомогательным процессам относится комплекс работ, который обеспечивает протекание основных процессов и связан с ними технологически и организационно. К обслуживающим производственным процессам относятся работы, необходимые для выполнения основных и вспомогательных процессов, не находящиеся с ними в непосредственной технологической связи.

2. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТРУДОЁМКОСТЬ ДОБЫЧИ РУДЫ

Уровень трудоёмкости добычи руды как общей, так и по процессам, зависит от ряда взаимосвязанных факторов, действие которых весьма разнообразно и протекает в диалектической взаимосвязи друг с другом, что значительно усложняет выяснение механизма их влияния на трудоёмкость работ. Факторный подход к анализу и прогнозированию трудоёмкости по процессам и звеньям производства основывается на теоретическом положении марксистской экономической теории о том, что объём и увеличение совокупной массы потребительных стоимостей определяются массой применяемых средств производства, рабочей силой, естественными условиями производства и уровнем материализации достижений науки и техники.

При открытой добыче железной руды, трудоёмкость обусловливается материально-техническими и социально-экономическими факторами. К материально-техническим факторам относятся: предмет труда, технология производства, техническая база, организация производства и труда, кадры. К социально-экономическим - планомерность развития производства, социалистическое соревнование, материальная и моральная заинтересованность в результатах своего труда, распространение передового опыта, участие масс в управлении производством.

Инженерный анализ предполагает анализ и отбор факторов производства по каждому процессу и карьеру в целом, обусловливающих уровень трудоёмкости, исходя из известных формул и методов оценки производительности определенного процесса и расчёта трудоёмкости в человеко-часах на 1000 т руды.

На основе качественного анализа материально-технических условий производства установлены факторы производства, которые в основном определяют уровень общей трудоёмкости и по процессам на железорудных карьерах страны.

К факторам, обусловливающим уровень трудоёмкости по процессам, относятся:

На буро-взрывных работах

1) категория буримости горных пород по шкале ЦБПНТ (средневзвешенная);

2) время года – сезонность,

3) тип бурового станка,

4) количество буровых станков по типам;

5) объём буровых работ по типам станков (пог.м скважин, $м^3$ горной массы),

6) коэффициент использования календарного фонда времени,

7) производительность станка – средняя и по типам;

8) удельный вес объёмов буровых работ, выполненных высокопроизводительными станками,

9) организация труда на буровых работах;

10) выход горной массы на 1 пог.м скважины.

На экскавации горной массы:

1) категория пород по трудности экскавации (средневзвешенная)

2) время года – сезонность;

3) высота уступа,

4) расстояние от забоя до обменного пункта (разминовка, станции);

5) полезная ёмкость состава или кузова автосамосвала;

6) тип экскаватора;

7) количество экскаваторов по типам (в наличии, в работе);

8) суммарная ёмкость ковшей экскаваторов (в наличии, в работе);

9) средняя ёмкость ковша работающих экскаваторов;

10) объём экскаваторных работ за месяц, квартал, год, в том числе с перевалкой, по типам экскаваторов;

11) удельный вес высокопроизводительных экскаваторов в общем объёме работ;

12) месячная производительность экскаваторов на 1 $м^3$ ёмкости ковша;

13) сменная или часовая производительность экскаватора;

14) коэффициент использования экскаваторов в календарном фонде времени;

15) организация труда на экскаваторных работах.

На железнодорожном транспорте:

1) объём работ по транспортировке за месяц, квартал, год;

2) время года – сезонность;

3) категория пород по трудности экскавации;

4) средняя дальность транспортировки;

5) средняя скорость движения по стационарным и передвижным путям, с грузом и порожняком;

6) полезная ёмкость состава;

7) количество локомотивосоставов в работе по типам и в наличии;

8) сменная производительность локомотивосостава;

9) время рейса локомотивосостава;

10) коэффициент использования локомотивосостава в календарном фонде времени;

11) общая протяженность железнодорожных путей;

12) количество станций, техпостов, стрелочных переводов;

13) организация управления движения составов.

На автомобильном транспорте:

1) объём работ по транспортировке за месяц, квартал, год;

2) время года – сезонность;

3) категория пород по трудности экскавации;

4) средняя дальность транспортировки;

5) средний тоннаж работающих автосамосвалов;

6) количество автосамосвалов в работе, в наличии (по типам);

7) время рейса;

8) выработка на 1 автосамосвал;

9) выработка на 1 автотонну;

10) коэффициент использования парка.

На гидротранспорте:

1) месячный объем работ;
2) время года – сезонность;
3) категория пород по трудности экскавации;
4) высота уступа;
5) консистенция – отношение твердого к жидкому;
6) средняя производительность одной установки;
7) количество установок в работе и наличии;
8) длина пульпопроводов;
9) коэффициент использования оборудования в календарном фонде времени.

На конвейерном транспорте:

1) месячный объём работ;
2) время года – сезонность;
3) категория пород по трудности экскавации;
4) высота уступа;
5) часовая производительность установки (по погрузочному механизму);
6) тип погрузочных механизмов и отвалообразователей;
7) нормативы обслуживания погрузочных механизмов, конвейерных линий, отвалообразователей;
8) коэффициент использования установок в календарном фонде времени.

На приёмке вскрышных пород:

1) месячный объём отвалообразования;
2) время года – сезонность;
3) число отвальных тупиков;
4) шаг отвалообразования;
5) протяженность отвальных тупиков;
6) суммарная ёмкость ковшей отвальных экскаваторов;
7) месячная производительность экскаватора на 1 $м^3$ ёмкости ковша;
8) сменная или часовая производительность работающего экскаватора;
9) коэффициент использования экскаваторов в календарном фонде времени.

К факторам, которые обусловливают общую трудоёмкость по карьеру, относятся:

1) объём добычи за соответствующий период (месяц, год, квартал);

2) текущий коэффициент вскрыши за соответствующий период по процессам и видам работ, $м^3/т$;

3) коэффициент использования горнотранспортного оборудования в календарном фонде времени;

4) коэффициент структуры штата по карьеру, процессам и видам работ – отношение численности вспомогательных и обслуживающих рабочих, ИТР, служащих, МОП, охраны к численности рабочих, занятых на основных технологических процессах. Этот коэффициент отражает отношение суммы трудоёмкостей обслуживания и управления к технологической трудоёмкости.

Качественный анализ позволяет выявлять только факторы, которые могут влиять на трудоёмкость добычи руды, без их количественной оценки. Кроме того, с помощью этого анализа можно предугадывать и основные из них, которые в наибольшей степени влияют на трудоёмкость добычи руды.

Для более детального анализа необходим количественный анализ, т.е. определение количественного влияния каждого фактора на трудоёмкость добычи руды.

3. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТРУДОЁМКОСТЬ ДОБЫЧИ РУДЫ

Непосредственное определение влияния факторов производства на затраты труда методом прямых технико-экономических расчётов весьма затруднительно, а в целом ряде случаев невозможно. Решение этой задачи становится возможным с применением экономико-статистических методов, в частности, корреляционного анализа. Основанный на этих методах факторный анализ влияния условий производства на трудоёмкость работ по основным звеньям и процессам производства является необходимым инструментом научно-обоснованного планирования. Факторы при этом становятся рычагами планового воздействия на искомый показатель, т. е. создается возможность управления явлением.

Изучение материально-технических условий производства железорудных карьеров страны показало, что технология производства, техническая база и уровень организации труда и производства в основном одинаковы, однако отличие горно-геологических условий предопределило различные линейные размеры карьеров и уровень концентрации производства, применение специальных технологических схем и оборудования на вскрышных работах. Последние обстоятельства в совокупности с различным уровнем специализации и кооперирования позволили отказаться от моделирования трудоёмкости добычи руды по карьеру в целом и принять методику анализа по процессам с выходом на общекарьерную с учётом специфики производственного процесса на данном карьере.

Методическую основу экономико-математического моделирования трудоёмкости по процессам карьера составляют теоретические и методические разработки по применению методов нелинейной множественной корреляции с учётом фактора времени [5, 6].

Применение методов корреляционного анализа для вскрытия объективных причинно-следственных связей ограничивается вероятностным характером тесноты связей между явлениями, в связи с чем при разработке корреля-

ционных моделей на первое место выдвигается инженерный анализ влияния материально-технических условий производства на уровень трудоёмкости. Математический аппарат теории корреляции рекомендуется использовать для количественной оценки тесноты связи в конкретных условиях при неполной информации о всех факторах производства.

Количественная оценка влияния материально-технических условий производства на трудоёмкость работ предполагает обработку значительного объёма информации об условиях производства и экономических показателей по процессам производства на карьерах. Обработка вручную - очень трудоёмкий процесс, поэтому на горнорудных предприятиях для решения этой задачи целесообразно использовать ЭВМ. Применение ЭВМ предполагает наличие системы кодирования в единых символах для процессов карьеров, обеспечивающей единый подход к разработке моделей и их применению в условиях АСУП.

3.1. Система кодирования

Система кодирования включает: код карьеров, код процессов карьеров, код параметров условий производства, код трудоёмкости по видам.

Показатель трудоёмкости по видам кодируется строчной латинской буквой T_i с порядковым номером показателя i. Трудоёмкость в человеко-часах на 1000 т руды: полная - T_1, технологическая - T_2, обслуживания - T_3, управления - T_4.

Код карьеров может быть принят по первой букве наименования карьера, например: Лебединский - Л, Южно-Лебединский - Ю, Стойленский - С, Михайловский - М или по порядковому номеру карьера - m.

Процессы производства на карьерах обозначаются буквой j, которая ставится после порядкового номера вида трудоёмкости i или параметра условий производства - ℓ. Для условий железорудных карьеров закодированы следующие процессы:

Буро-взрывные работы по вскрыше - 1.

Экскавация вскрышных пород: на железнодорожный

транспорт – 2, на автомобильный транспорт – 3.

Транспортировка пород вскрыши: железнодорожным транспортом – 4, автомобильным транспортом – 5, гидротранспортом – 6, конвейерным транспортом – 7.

Отвалообразование при железнодорожном транспорте вскрышных пород – 8.

Буро-взрывные работы по руде – 9.

Экскавация руды – 10.

Транспортировка руды: автомобильным транспортом – 11, железнодорожным транспортом – 12.

Осушение – 13.

Общая трудоёмкость по карьеру – 0.

Параметры условий производства обозначаются прописной латинской буквой x_e с порядковым номером e, за которым ставится код процесса j. В табл. 3.1 закодированы условия производства для карьеров КМА.

Таблица 3.1

x_{ej}	Условия производства
1	2
x_{1j}	Выход горной массы с 1 пог.м скважины, м³/пог.м Выход руды с 1 пог.м скважины, т/пог.м
x_{2j}	Коэффициент использования оборудования по процессу, доли единицы
x_{3j}	Среднечасовая производительность оборудования по процессу, пог.м/ч, м³/ч, т/ч
x_{4j}	Коэффициент использования парка j -го оборудования по процессу, доли единицы
x_{5j}	Месячный объём работ по j -му процессу или по карьеру в целом, тыс.м³, тыс.т
x_{6j}	Коэффициент вскрыши по j -му процессу или по карьеру в целом, м³/т
x_{7j}	Сезонность – порядковый номер месяца года, мес
x_{8j}	Коэффициент структуры штата по j -му процессу или карьеру в целом, индекс

Продолжение табл. 3.1

1	2
x_{9j}	Средняя дальность транспортировки, км
x_{10j}	Месячная производительность экскаватора на 1 м^3 ковша по j -му процессу, тыс.м^3, тыс. т
x_{11j}	Средневзвешенная категория пород по трудности экскавации, индекс
x_{12j}	Суммарная ёмкость ковшей экскаваторов, м^3
x_{13j}	Месячная нагрузка на горизонт, тыс. м^3/мес.
x_{15j}	Сменная производительность локомотивосостава, м^3/смену
x_{16j}	Водообильные руды, м^3/т
x_{17j}	Выработка на 1 т грузоподъёмности списочных автосамосвалов, т/т

В общем виде трудоёмкость в принятой системе кодирования представляется: $T_{ij}^{люсм}$ или T_{ij}^{m}, т.е. приведен показатель трудоёмкости i-го вида по j-му процессу общий для 4-х карьеров (ЛЮСМ). Если этот показатель определен только для одного из карьеров, то составляется только его код (например T_{ij}^{β}), для группы карьеров - код карьеров, входящих в группу (например $T_{ij}^{\beta\omega}$ -).

Параметры условий производства в общем виде кодируются: $x_{ej}^{люсм}$ или x_{ej}^{m}, т.е. приведен e-й параметр условий производства по j-му процессу соответствующего карьера.

Если экономико-математическая модель трудоемкости разработана одна для всех карьеров, то код карьеров m при T_{ij} и x_{ej} может не ставиться. В качестве периода, за который рассчитываются переменные, как показала практика, целесообразно брать месяц. Годичный период, который обычно принимается в других отраслях промышленности, неприемлем в связи с тем, что почти все переменные в добывающих отраслях промышленности связаны с горно-геологическими и климатическими условиями.

3.2. Разработка экономико-математических моделей трудоёмкости по процессам на карьере

Факторы производства при моделировании трудоёмкости должны отражать объективные условия производства и иметь качественную и количественную связь с трудоёмкостью.

При применении множественной корреляции обоснование выбора формы связи или вида зависимости принятых показателей от определяющих их факторов является весьма существенным моментом. Линейная связь между трудоёмкостью и "факторами-аргументами" часто не даёт точного отражения существа явления, поскольку основные парные зависимости между изучаемыми переменными носят нелинейный характер. Кроме того, как известно из математического анализа, при изменении факторов производства в довольно широких пределах, криволинейные зависимости не могут быть с достаточной точностью воспроизведены зависимостями прямолинейными. Поэтому при моделировании трудоёмкости по процессам и звеньям карьера должны использоваться наряду с линейными и нелинейные зависимости: логарифмическая ($\ell g\, x$), гиперболическая ($\frac{1}{x}$), квадратичная (x^2). При разработке парных корреляционных уравнений эти формы связи должны применяться как для параметров условий производства, так и для переменных трудоёмкости по процессам.

Математическими критериями для принятия формы связи в парных уравнениях являются минимальная остаточная дисперсия и максимальный коэффициент корреляции в сочетании с результатами качественного анализа.

Доказательство того, что распределение исходных данных близко к нормальному закону, должно проводиться двумя методами: методом последовательного статистического анализа и способом Вестергарда [2, 3, 4].

Предварительная оценка соответствия нормальному закону распределения производится оценкой вариации V_T из условия, что T_{ij} можно считать распределенным нормально, если

$$V_T = \frac{\sigma_{T_{ij}}}{\bar{T}_{ij}} < \frac{1}{3} \quad , \qquad (3.1)$$

где $\sigma_{T_{ij}}$ – среднее квадратичное отклонение;

$\bar{T}_{ij}$ – математическое ожидание величины T_{ij}.

Для проверки более строгого соответствия опытного распределения по отдельным совокупностям предполагаемому теоретическому закону можно использовать упомянутые выше методики оценки согласия по критерию Пирсона χ^2 или способу Вестергарда [2, 3, 4, 7, 8]. Проверка на нормальность распределения показателей трудоёмкости T_{ij} и параметров условий производства x_{ej} позволяет установить близость фактического распределения к теоретическому.

Для выяснения однородности совокупностей применяется метод сравнения дисперсий разных выборок. При этом, прежде чем объединить выборки по годам и карьерам в совокупность, оценивается гипотеза однородности утверждением уровня значимости α из работы [3]

$$\text{Вер}\left\{\left|\bar{T}_{ij}^{m_1} - \bar{T}_{ij}^{m_2}\right| \geqslant t_\alpha \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}\right\} = \alpha, \quad (3.2)$$

где $\bar{T}_{ij}^{m_1}$, $\bar{T}_{ij}^{m_2}$ – частные средние выборок соответственно по карьерам и годам;

S_1^2, S_2^2 – дисперсии тех же частных выборок;

n_1, n_2 – объём тех же частных выборок;

t_α – определяется из условия.

$$2\Phi(t_\alpha) = 1 - \alpha, \quad (3.3)$$

Проверка гипотезы некоррелированности производится из условия, что при отсутствии корреляционной связи между T и x в $(1-\alpha)$ 100% случаев будет выполняться неравенство

$$-t_\alpha < \frac{r_{xT} \cdot \sqrt{n}}{1 - r^2_{xT}} < t_\alpha \quad (3.4)$$

и в $\alpha \cdot 100\%$ случаев – неравенства

$$\frac{r_{xT}\sqrt{n}}{1-r_{xT}^2} \leq -t_\alpha \quad \text{или} \quad \frac{r_{xT}\cdot\sqrt{n}}{1-r_{xT}^2} \geq t_\alpha , \qquad (3.5)$$

где t_α определяется из условия

$$2\Phi(t_\alpha) = 1-\alpha$$

с помощью таблицы интегральной функции Лапласа [6].

Оценку наименьшего значения коэффициента корреляции r_{xT}, для которого при заданном уровне значимости α = 0,20, 0,10 и 0,05 связь считается существенной, можно найти по данным табл. 3.2, в которой затабулированы r_{xT} решением уравнения

$$|r| = \frac{-\sqrt{n} + \sqrt{n+4t_\alpha^2}}{2t_\alpha} \qquad (3.6)$$

Если найденное по выборке значение r_{xT} меньше табличного значения при объёме выборки n, то с уровнем значимости 5% параметр x считается несущественным [3].

Таблица 3.2

Объём выборки n	Допустимое значение r_{xT}		
18	0,2760	0,3423	0,3914
24	0,2540	0,3043	0,3508
48	0,2060	0,2252	0,2633
72	0,1465	0,1873	0,2199
96	0,1250	0,1465	0,1944

Проверка достаточности наблюдений определяется из условия, что с гарантийной вероятностью P выборка обеспечивает отклонение среднего выборочного размера признака $\bar{T}_{выб}$ от среднего генерального $\bar{T}_{ген}$, не превосходящее δ, если её объём доведен до числа n, определяемого из системы уравнений

$$\begin{cases} P = 2\Phi(t) \\ E = t\sqrt{\dfrac{\sigma^2}{n}} \end{cases} \qquad (3.7)$$

После предварительной обработки статистические данные по процессам вводятся в ЭВМ, где по типовой программе решается задача составления уравнений регрессии всех видов T_{ij} по каждому аргументу x_{ej} при 4-х формах связи между функцией и аргументом в последовательности, согласно табл. 3.3. Для каждого аргумента необходимо решить 16 уравнений.

Для ЭВМ формы связи кодируются: линейная - 0, логарифмическая - 1, обратная - 2, квадратичная - 3.

Таблица 3.3

Код	Трудоёмкость	$ax+b$	$a'\ell g x+b'$	$a''\frac{1}{x}+b''$	$a'''x^2+b'''$
0	T_{ij}	1	2	3	4
1	$\ell g\, T_{ij}$	5	6	7	8
2	$\frac{1}{T_{ij}}$	9	10	11	12
3	$(T_{ij})^2$	13	14	15	16

После оценки полученных 16 уравнений по математическим критериям - минимальной остаточной дисперсии и максимальному коэффициенту корреляции (по абсолютной величине), а также по результатам логического анализа, принимается окончательное уравнение.

Переход от уравнений парной корреляции к множественной предусматривается программой ЭВМ на основе установления внутренних связей, т.е. коэффициентов корреляции между всеми аргументами попарно - $r_{x_e, x_{e+1}}$ с выдачей на печать:

0	000K00x_e	K00x_{e+1}
0	0000001	2002
++	00-2048	7670,

т.е. при форме связи K(0) для x_e коэффициент корреляции формы связи K(2) для x_{e+1} равен -0,2049.

При составлении матрицы коэффициентов внутренних связей принимаются величины $r_{x_e, x_{e+1}}$ соответствующие формам связи, принятым в парных корреляционных

уравнениях, обеспечивающих существенную связь между функцией и аргументом.

Уравнение множественной регрессии от ℓ аргументов имеет вид

$$T_{ij} = a_{1j} x_{1j}^{K} + a_{2j} x_{2j}^{K} + \ldots + a_{\ell j} x_{\ell j}^{K} + \beta_{ij} \qquad (3.8)$$

Индекс К обозначает код формы связи (код ЭВМ), соответствующий принятой в парном корреляционном уравнении.

Для определения коэффициентов уравнения используется метод наименьших квадратов, т.е. они находятся из условия, что сумма квадратов отклонений значений функции, вычисленных по уравнению, от эмпирических значений функции, будет наименьшей.

Условие метода наименьших квадратов приводит к линейной симметричной системе уравнений относительно неизвестных a_1, a_2, ..., a_ℓ, коэффициентами которой являются коэффициенты внутренней корреляции между аргументами, а свободными членами-коэффициенты корреляции между функцией и аргументами. Система имеет единственное решение, если её определитель не равен нулю.

Решение системы уравнений методом исключения Гаусса по типовой программе на ЭВМ позволяет получить значения a_1, a_2, ..., a_ℓ. Программа должна предусматривать решение системы поэтапно с подключением последовательно аргументов $x_{\ell j}$ в порядке их экономической и производственной значимости или же по величине коэффициентов корреляции r_{xT}. Следя за изменением коэффициентов a_ℓ на каждом этапе, можно оценить результаты и более правильно толковать их смысл. Коэффициенты уравнения a_1, a_2, ..., a_ℓ показывают, на какую часть сигмы изменилось бы среднее значение функции, если бы соответствующий аргумент увеличился на сигму, а прочие аргументы остались без изменения. Поскольку все переменные выражены в сравниваемых единицах измерения (сигмах), то коэффициенты a_1, a_2, ..., a_ℓ показывают сравнительную силу влияния изменения каждой переменной на изменение функционального признака.

Теснота связи переменной T_{ij} с совокупностью пере-

менных характеризуется коэффициентом множественной корреляции

$$R_{\tau_i x_{ej}} = \sqrt{\alpha_1 z_{x_{1j}\tau_{1j}} + \alpha_2 z_{x_{2j}\tau_{2j}} + \ldots + \alpha_e z_{x_{ej}\tau_{ij}}} \quad (3.9)$$

Квадрат коэффициента множественной корреляции $R^2_{\tau_i x_{ej}}$ показывает, какая доля всей дисперсии функции (σ^2_τ) обусловливается учтенными в данном уравнении условиями производства, а величины $\sigma^2_\tau(1-R^2)$ и $\sigma_\tau\sqrt{1-R^2}$ характеризуют остаточную дисперсию и остаточную величину среднего квадратичного отклонения, что определяется влиянием оставшихся, неучтенных в этом уравнении факторов производства.

При составлении уравнения множественной регрессии, подключая постепенно аргументы на каждом этапе, необходимо оценивать целесообразность присоединения последнего. Присоединение аргумента целесообразно, если оно приводит к значительному уменьшению детерминанта системы по сравнению с предыдущей величиной и приближает его к нулю, к заметному увеличению коэффициента множественной корреляции $R_{\tau x}$, к заметному изменению остаточного отклонения по сравнению с самими квадратичными отклонениями.

Обязательным условием для принятия окончательного уравнения является логический анализ взаимосвязи между трудоёмкостью и подключаемыми факторами производства, а затем оценка его по принятым критериям. В процессе отбора аргументов для подключения весьма важно проанализировать внутренние связи на мультиколлинеарность (множественные линейные связи), которая означает, что x_e есть линейная функция от остальных x. Точная мультиколлинеарность существует, если $z_{x_e, x_{e+1}}$ по остальным x очень близок или равен 1,0. Она должна устанавливаться на основе анализа материально-технических условий, обусловливающих величину того или иного аргумента, с целью выявления общих причин их изменения, а также оценки внутренних коэффициентов корреляции. При высоких внутренних коэффициентах корреляции между аргументами для расчёта $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_e$ один из них исключается из матрицы.

В процессе решения системы уравнений получается сначала уравнение множественной регрессии в стандартизованном масштабе

$$t_{T_{ij}} = \alpha_1 t_{x_{1j}} + \alpha_2 t_{x_{2j}} + \ldots + \alpha_e t_{x_{ej}} \quad . \qquad (3.10)$$

Переход от уравнения в стандартизованных величинах к уравнениям в натуральных масштабах производится заменой переменных их дисперсиями, что приводит к получению формул перехода

$$t_{x_{1j}} = \bar{x}_{1j} \frac{\sigma_{T_{ij}}}{\sigma_{x_{1j}}}, \quad t_{x_{2j}} = \bar{x}_{2j} \frac{\sigma_{T_{ij}}}{\sigma_{x_{2j}}}, \ldots, t_{x_{ej}} = \bar{x}_{ej} \frac{\sigma_{T_{ij}}}{\sigma_{x_{ej}}} \qquad (3.11)$$

Приведенная методика составления экономико-математических моделей трудоёмкости по процессам и в целом по карьеру в зависимости от факторов производства, обусловливающих её величину, позволила получить экономико-математические модели трудоёмкости основных процессов добычи руды в условиях карьеров КМА, которые представлены в табл. 1–13 приложения 3. При составлении экономико-математических моделей целесообразно использовать ЭВМ, так как ручной способ хотя и возможен, но более трудоёмок.

Ниже показан пример расчёта экономико-математической модели трудоёмкости конкретного процесса.

3.3. Расчёт экономико-математической модели трудоёмкости перевозки руды автотранспортом на примере Лебединского карьера КМА

В результате инженерного анализа установлено, что для условий Лебединского карьера на трудоёмкость перевозки руды автотранспортом с учётом мультиколлинеарности могут оказывать влияние следующие факторы: коэффициент использования автосамосвалов $x_{4,11}$, месячный объём перевозки руды автотранспортом $x_{5,11}$, сезонность $x_{7,11}$, коэффициент структуры штата $x_{8,11}$, средняя дальность транспортировки $x_{9,11}$, выработка руды на 1 т грузоподъёмности списочного состава автосамосвалов $x_{17,11}$. Все эти факторы количественно измеримы, и ни один из

них не находится в функциональной зависимости от другого, поэтому все они могут быть включены в корреляционную модель трудоёмкости по процессу. Данные собраны за период 1970–1973 гг., при этом объём выборки составил 72 наблюдения. Проверка достаточности наблюдения определяется из условия, выраженного формулой (3.7).

Задаёмся гарантийной вероятностью определения средней генеральной полной трудоёмкости равной P=90%, тогда

$$0{,}9 = 2\Phi(t), \quad \Phi(t) = 0{,}45, \quad t = 1{,}65,$$

$$\delta = 1{,}65\sqrt{\frac{376{,}68}{72}} = 3{,}76,$$

т.е. с 90%-ой гарантийной вероятностью проведенная выборка из 72 наблюдений обеспечивает отклонение выборочной средней от генеральной, не превосходящее 3,76 человеко-часов на 1000 т руды, что составляет всего 4,75% выборочной средней $\bar{T}_{1,11}$ = 79,5 человеко-часов/1000 т. Колеблемость каждого фактора за анализируемый период показана в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Код x	Фактор	Колеблемость
$x_{4,11}$	Коэффициент использования парка автосамосвалов, доли единицы	9,4–0,65
$x_{5,11}$	Месячный объём работ, тыс. т	70–635
$x_{7,11}$	Сезонность, мес.	1–12
$x_{8,11}$	Коэффициент структуры штата по процессу, доли единицы	0,60–1,7
$x_{9,11}$	Средняя дальность транспортировки, км	2,3–1,5
$x_{17,11}$	Выработка руды на 1 т грузоподъёмности списочного состава автосамосвалов, т/т	170–398

После предварительной обработки статистические данные по процессу вводятся в ЭВМ, где по типовой програм-

ме решается задача составления 16 уравнений регрессии $T_{1,11}$ по каждому аргументу $x_{e,11}$ при 4-х формах связи между функцией и аргументом.

Так, например, для определения теоретической линии регрессии и выбора формы связи зависимости между $T_{1,11}$ и $x_{7,11}$ ЭВМ выдаёт все необходимые данные, которые представлены в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Порядок знаков (+) перед запятой, (-) после запятой	Мантисса ЭВМ	Обозначение
1	2	3
	K00T_{ij} 000K00x_{ej} 000100000001	Код формы связи T_{ij} с кодом связи x_{ej} (пример: линейная T_{ij} с линейной x_{ej}
+03	+27559300	$S^2_{ост}$ - остаточная дисперсия; $S^2_{ост}$ = = 275,59
+02	+75996110	$\bar{T}_{ij}$ - математическое ожидание; $\bar{T}_{1,11}$ = = 79,60
+01	+65000000	$\bar{x}_{ej}$ - математическое ожидание $\bar{x}_{7,11}$ = = 6,5
+02	-34707360	$M_{x_{7,11}T_{1,11}}$ - ковариация = -34,71
+03	+37667840	$\sigma^2_{T_{ij}}$ - дисперсия $\sigma^2_{T_{1,11}}$ =376,68
+02	+11916660	$\sigma^2_{x_{ej}}$ - дисперсия x_{ej}; $\sigma^2_{x_{1,11}}$ = 11,92
+02	+19408200	$\sigma_{T_{ij}}$ - среднеквадратичное отклонение

1	2	3
		$\sigma_{T_{1,11}} = 19{,}41$
+01	+34520520	$\sigma_{x_{ij}}$ – среднеквадратичное отклонение; $\sigma_{x_{7,11}} = 3{,}45$
+01	–29125050	$\rho_{T/x}$ – коэффициент регрессии уравнения T_{ij} от x_{ej}; $\rho_{T_{1,11}/x_{7,11}} = 2{,}91$
+01	–92140550	$\rho_{x/T}$ – коэффициент регрессии уравнения; $\rho_{x_{7,11}/T_{1,11}} = -9{,}21$
+02	+98527390	b – свободный член уравнения регрессии T_{ij} от x_{ej}; $b_{1,11} = 98{,}58$
+00	–51803460	r_{xT} – коэффициент корреляции; $r_{x_{7,11}T_{1,11}} = -0{,}5180$

После оценки полученных 16 уравнений по математическим критериям: минимальной остаточной дисперсии и максимальному коэффициенту корреляции (по абсолютной величине), а также на основе логического анализа, получаем уравнение зависимости

$$T_{1,11} = 98{,}53 - 9{,}21\,x_{7,11}\,,$$
$$r_{xT_{1,11}} = -0{,}518. \qquad (3.12)$$

Таким образом, составляются уравнения зависимости трудоёмкости перевозки руды автотранспортом от каждого выбранного фактора.

Переход от уравнения парной корреляции к множественной предусматривается программой ЭВМ на основе установления внутренних связей, т.е. коэффициентов корреляции между всеми аргументами попарно – $r_{x_e, x_{e+1}}$;

Для разработки многофакторной модели трудоёмкости перевозки руды автотранспортом составляется матрица из коэффициентов корреляции, соответствующих формам связи, принятым в парных корреляционных уравнениях,

обеспечивающих существенную связь между функцией и аргументом, которая показана в табл. 3.6.

В результате решения этой матрицы, в процессе которого аргументы подключались поэтапно, получены α_1, α_2, ..., α_ℓ, представленные в табл. 3.7. Оценка данных, приведенных в табл. 3.6, 3.7 и 3.8 показывает, что подключение x_{17} не приводит к заметному увеличению $R_{T_{1,11}x_{\ell,11}}$, следовательно, таким фактором можно пренебречь. Тогда уравнение множественной регрессии примет вид:

в стандартизованном масштабе

$$t_{T_{1,11}} = 0{,}7361\, t_{x_{5,11}} - 0{,}3795\, t_{x_{7,11}} - 0{,}1375 t_{x_{9,11}} - 0{,}0724 t_{x_{4,11}} - 0{,}0729 t_{x_{8,11}}, \qquad (3.13)$$

в натуральном масштабе

$$T_{1,11} = 94{,}38 - 2{,}11 x_{7,11} + \frac{3484{,}8}{x_{5,11}} - \frac{25{,}39}{x_{9,11}} - 21{,}21 x_{4,11} - \frac{5{,}74}{x_{8,11}}. \qquad (3.14)$$

Анализ полученной экономико-математической модели полной трудоёмкость по автотранспорту руды показывает, что 82,1% ($R^2_{T_{1,11}x_{\ell,11}} = 0{,}821$) всей дисперсии $T_{1,11}$ определяются принятыми условиями производства. Коэффициент множественной корреляции с учётом поправки на случайность выборки из генеральной совокупности составляет

$$R'_{T_{ij}x_{\ell j}} = R_{T_{ij}x_{\ell j}} \pm \frac{1 - R^2_{T_{ij}x_{\ell j}}}{\sqrt{n}},$$

где n – объём выборки.

$$R'_{T_{1,11}x_{\ell,11}} = 0{,}9061 \pm \frac{1-0{,}8210}{\sqrt{72}} = 0{,}9061 \pm 0{,}0211. \qquad (3.15)$$

Следовательно, экономико-математическая модель полной трудоёмкости автотранспорта руды выражается уравнением множественной корреляции с высокой степенью надежности, учитывающей изменение основных обстоятельств материально-технических условий данного процесса. Кроме того, неоспоримым достоинством эконо-

Таблица 3.6

Вид связи	$\frac{1}{x_{5,11}}$	$x_{7,11}$	$\frac{1}{x_{9,11}}$	$x_{4,11}$	$\frac{1}{x_{8,11}}$	$x_{17,11}$	$\sum x_{e,11} r_{1,11}$
$\frac{1}{x_{5,11}}$	1	-0,2049	0,3043	-0,6224	-0,0732	-0,4769	0,8224
$x_{7,11}$	-0,2049	1	-0,0032	0,2192	-0,3809	0,3519	-0,5180
$\frac{1}{x_{9,11}}$	0,3043	-0,0032	1	-0,2442	-0,4079	0,4208	0,1351
$x_{4,11}$	-0,6224	0,2192	-0,2442	1	0,0967	0,3982	-0,5872
$\frac{1}{x_{8,11}}$	-0,0732	-0,3809	-0,4079	0,0967	1	-0,3983	0,0869
$x_{17,11}$	-0,4769	0,3519	0,4208	0,3982	-0,3983	1	-0,5514

Таблица 3.7

$x_{e,11}$	$r_{x_{e,11}T_{1,11}}$	Значения α по этапам подключения $x_{e,11}$				
		1	2	3	4	5
$\frac{1}{x_{5,11}}$	0,8224	0,7476	0,7805	0,7338	0,7361	0,7221
$x_{9,11}$	-0,5180	-0,3648	-0,3584	-0,3504	-0,3795	-0,3756
$\frac{1}{x_{9,11}}$	0,1351		-0,1035	-0,1089	-0,1375	-0,1220
$x_{4,11}$	-0,5872			-0,0803	-0,0724	-0,0666
$\frac{1}{x_{8,11}}$	-0,0669				-0,0729	-0,0778
$x_{17,11}$	-0,5514					-0,0279

Таблица 3.8

$x_{e,11}$	Значения α по коэффициенту множественной корреляции $R^2_{T_{1,11}x_{e,11}} = \sum_{e=4}^{17} \alpha_e \cdot r_{x_{e,11}T_{1,11}}$				
	1	2	3	4	5
$\frac{1}{x_{5,11}}$	0,6148	0,6419	0,6035	0,6054	0,5938
$x_{9,11}$	0,1890	0,1856	0,1815	0,1966	0,1946
$\frac{1}{x_{9,11}}$		-0,0140	-0,0147	-0,0186	-0,0165
$x_{4,11}$			0,0472	0,0425	0,0391
$\frac{1}{x_{8,11}}$				-0,0049	-0,0052
$x_{17,11}$					0,0154
$R^2_{T_{1,11}x_{e,11}}$	0,8038	0,8135	0,8175	0,8210	0,8212
$R_{T_{1,11}x_{e,11}}$	0,8965	0,9020	0,9042	0,9061	0,9062

мико-математических моделей является возможность установления степени влияния изменения каждого аргумента на изменение функции. В нашем примере полная трудоёмкость автотранспорта руды обусловлена сезонностью, интенсивностью грузопотока, средней дальностью транспортировки, коэффициентом использования автопарка и коэффициентом структуры штата. Влияние каждого фактора на трудоёмкость определяется из уравнения чистой регрессии, из которого устанавливается отклонение полной трудоёмкости автотранспорта руды относительно её среднего значения $T_{1,11} = 71{,}00$ человеко-часов/1000 т руды в зависимости от изменения условий производства.

Уравнения чистой регрессии приведены в табл. 3.9.

Таблица 3.9

x_e	$\bar{x}_e$	Уравнение чистой регрессии
x_4	0,52	$T = -21{,}21 x_{4,11} + 82{,}0$
x_5	269	$T = \frac{3484{,}8}{x_5} + 58{,}0$
x_7	6,5	$T = -2{,}11 x_7 + 84{,}7$
x_8	1,14	$T = -\frac{5{,}74}{x_8} + 76{,}0$
x_9	3,8	$T = -\frac{25{,}39}{x_9} + 77{,}7$

Исследованием приведенных в табл. 3.9 уравнений чистой регрессии установлено:

а) увеличение коэффициента использования автопарка на 10% предполагает снижение трудоёмкости процесса $T_{1,11}$ на 1,1 человеко-часа или на 1,55%

$$\Delta T_1^a = \frac{71{,}0 - [(82{,}0 - 21{,}21\,(0{,}52 + 0{,}052)]}{71{,}0}; \qquad (3.16)$$

б) увеличение среднемесячного объёма работ на 10% приводит к снижению трудоёмкости $T_{1,11}$ на 2,2 человеко-часа или на 3,1%

$$\Delta T_1^{б} = \frac{71{,}0 - \left(58{,}0 + \frac{3484{,}8}{269 + 26{,}9}\right)}{71{,}0}; \qquad (3.17)$$

в) с увеличением порядкового номера месяца года на 1 трудоёмкость $T_{1,11}$ снижается на 2 человека-часа или на 2,82%

$$\Delta T_1^{в} = \frac{71{,}0 - [(84{,}7 - 2{,}11\,(6{,}5 + 1)]}{71{,}0}, \qquad (3.18)$$

г) уменьшение коэффициента структуры штата по процессу на 10% обусловливает снижение трудоёмкости $T_{1,11}$ на 0,6 человека-часа или на 0,84%

$$\Delta T_1^{г} = \frac{71{,}0 - \left(76{,}0 - \frac{5{,}74}{11{,}4 - 0{,}11}\right)}{71{,}0}; \qquad (3.19)$$

д) уменьшение средней дальности транспортировки руды на 10% приводит к снижению трудоёмкости $T_{1,11}$ на 0,7 человека-часа или на 0,98%

$$\Delta T_1^{д} = \frac{71{,}0 - \left(77{,}7 - \frac{25{,}39}{3{,}8 - 0{,}38}\right)}{71{,}0}. \qquad (3.20)$$

Следовательно, наибольшее влияние на уровень полной трудоёмкости автотранспорта руды из карьера на ДСФ оказывает интенсивность грузопотока (месячный объём перевозок) и наименьшее – коэффициент структуры штата. Действительно, затраты вспомогательного и обслуживающего труда в полной трудоёмкости данного процесса составляют всего 15-17%, т.е. значительно меньше, чем по другим процессам.

По аналогичной методике исследованы остальные процессы по Лебединскому карьеру, с разработкой экономико-математических моделей трудоёмкости по видам. Кроме того, разработаны экономико-математические модели трудоёмкости по процессам и в целом по карьеру, а также и по другим горнорудным предприятиям. Результаты исследования приведены в приложениях.

Практическое использование полученных экономико-

математических моделей предполагает наряду с ручным счётом использование ЭВМ, особенно в системе АСУП. Блок-схема алгоритма решения их на ЭВМ показана на рисунке.

3.4. Блок-схема алгоритма расчёта трудоёмкости на ЭВМ

Расчёт трудоёмкости по процессам и звеньям производства на ЭВМ производится согласно формуле:

$$T_{ij} = a_{1j} x_{1j}^{K} + a_{2j} x_{2j}^{K} + \ldots + a_{ej} x_{ej}^{K} + b_{ij} , \qquad (3.21)$$

где i – код вида трудоёмкости, $i = 1, 2, 3, 4$;

j – код процесса производства, $j = 1, 2, \ldots, 13$;

e – порядковый номер аргумента, $e = 1, 2, \ldots, 16$;

K – код формы связи, $K = 0, 1, 2, 3$;

T_{ij} – трудоёмкость по процессам и звеньям производства;

a_{ej} – задаваемый коэффициент регрессии;

x_{ej} – фактор;

b_{ij} – свободный член уравнения регрессии.

Блок-схема алгоритма расчёта трудоёмкости по процессам и звеньям производства карьера включает следующие блоки (см. рисунок):

Блок 1. Задаётся начальное значение кода процесса производства $j = 1$.

Блок 2. Задаётся начальное значение вида трудоёмкости $i = 1$.

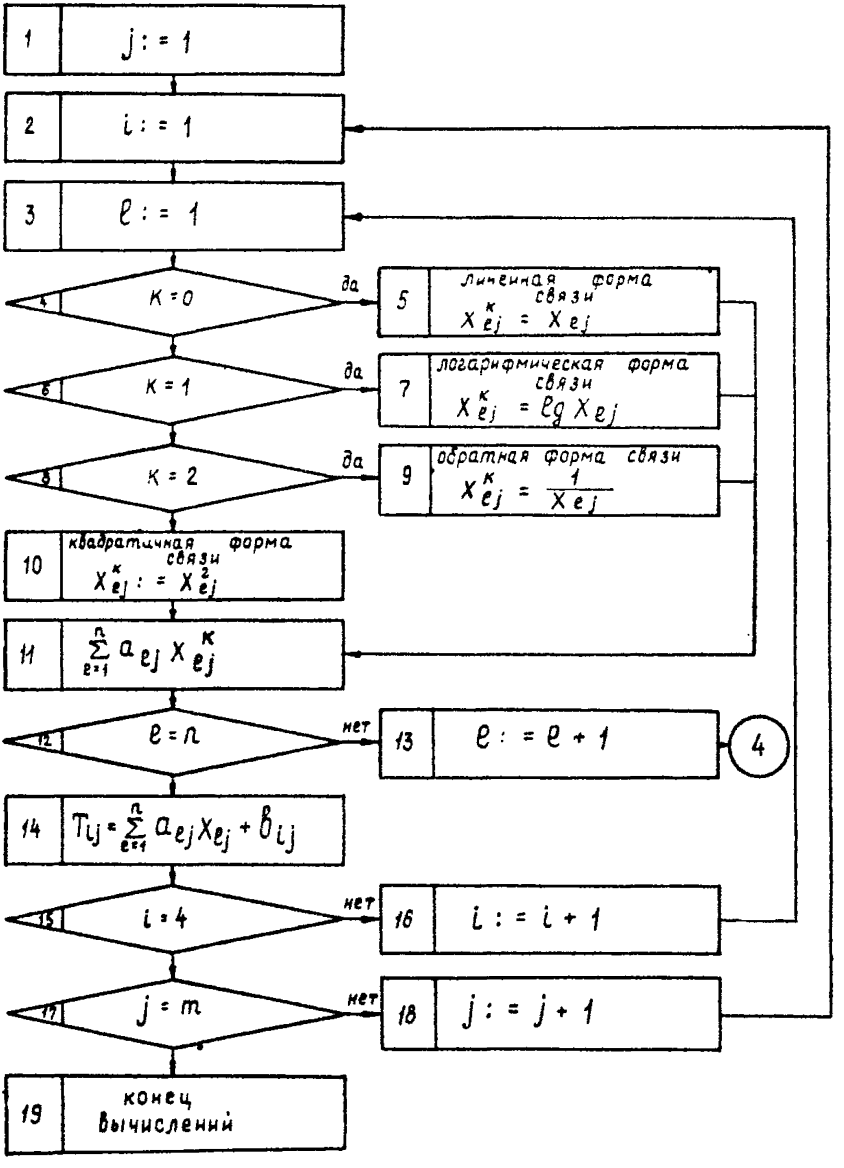
Блок 3. Задаётся начальное значение порядкового номера аргумента $e = 1$.

Блок 4. Проверяется наличие линейной формы связи. Если $K = 0$, выполняется блок 5, если $K \neq 0$, производится переход к блоку 6.

Блок 5. $x_{ej}^{K} = x_{ej}$.

Блок 6. Проверяется наличие логарифмической формы связи. Если $K = 1$, выполняется блок 7, если $K \neq 1$, производится переход к блоку 8.

Блок 7. $x_{ej}^{K} = \lg x_{ej}$.



Блок-схема алгоритма расчёта трудоёмкости по процессам и звеньям производства карьера.

Блок 8. Проверяется наличие обратной формы связи. Если $K = 2$, выполняется блок 9, если $K \neq 2$, производится переход к блоку 10.

Блок 9. $x^{K}_{ej} = \frac{1}{x_{ej}}$.

Блок 10. $x^{K}_{ej} = x^{2}_{ej}$.

Блок 11. Производится умножение найденного x^{K}_{ej} на коэффициент a_{ej} и суммирование этих произведений

$$a_{1j} x^{K}_{1j} + a_{2j} x^{K}_{2j} + \ldots + a_{ej} x^{K}_{ej} = \sum_{e=1}^{n} a_{ej} x^{K}_{ej} \quad . \qquad (3.22)$$

Блок 12. Проверяется, просчитана ли трудоёмкость данного вида. Если $e = n$, то – переход к блоку 14, если $e \neq n$, то – переход к блоку 13.

Блок 13. Выбирается следующий фактор аргумента $e = e + 1$. Переход к блоку 4.

Блок 14. К ранее полученной сумме $\sum_{e=1}^{n} a_{ej} x^{K}_{ej}$ прибавляется свободный член, соответствующий данному уравнению регрессии, т.е. окончательно находится трудоёмкость данного вида

$$T_{ij} = \sum_{e=1}^{n} a_{ej} x^{K}_{ej} + \beta_{ij} \quad . \qquad (3.23)$$

Блок 15. Проверяется, просчитаны ли все 4 вида трудоёмкости. Если $i = 4$, то – переход к блоку 17, если $i \neq 4$, то – переход к блоку 16.

Блок 16. Выбирается следующий вид трудоёмкости $i := i + 1$. Переход к блоку 3.

Блок 17. Проверяется, для всех ли процессов прозводства произведены расчёты. Если $j = m$, то – переход к блоку 19, если $j \neq m$, то – переход к блоку 18.

Блок 18. Выбирается следующий процесс производства $j := j + 1$. Переход к блоку 2.

Блок 19. Конец вычислений.

Программа ЭВМ должна реализовать алгоритм расчёта трудоёмкости по процессам и карьерам с выдачей на печать сводной таблицы "Трудоёмкость по процессам и звеньям производства карьера", образец которой приведен в прил. 1.

4. МЕТОДИКА АНАЛИЗА ТРУДОЁМКОСТИ

4.1. Общий анализ

С помощью экономико-математических моделей общей трудоёмкости и по процессам можно сделать анализ трудоёмкости и оценку эффективности мероприятий по её снижению. Анализ необходимо начинать с общей трудоёмкости с расчленением её по процессам. Зная о том, что общая трудоёмкость равна сумме трудоёмкостей по всем процессам, необходимо определить удельный вес каждого процесса в общих затратах труда по карьеру. Это даст возможность судить о степени трудоёмкости каждого процесса. Расчленение процессов по величине трудозатрат позволяет выявить наиболее трудоёмкие из них на данном карьере, где имеется больше возможностей для их снижения.

Например, на Лебединском карьере общая трудоёмкость в 1973 г. составила 508,1 человеко-часов/1000 т. Трудоёмкость же по процессам колебалась от 10 человеко - часов/1000 т до 125,1 человеко-часов/1000 т. Исходя из этих данных, расчленяем все процессы по степени трудоёмкости (см. табл. 4.1).

Таблица 4.1

Процессы производства	1968 г.		1973 г.	
	человеко-час 1000 т	%	человеко-час 1000 т	%
1	2	3	4	5
Вскрышные работы, всего	425,1	59,48	304,6	59,9
1.Бурение и взрывание	-	-	-	-
2.Экскавация на железнодорожный транспорт	73,95	10,35	58,0	11,4
3.Экскавация на автомобильный транспорт	11,51	1,61	10,0	2,0
4.Железнодорожный транспорт	157,25	22,0	125,1	24,6
5.Автомобильный транспорт	29,45	4,12	21,8	4,3

Продолжение табл. 4.1

1	2	3	4	5
6. Гидротранспорт	53,77	7,52	32,1	6,3
7. Конвейерный транспорт	34,94	4,89	–	–
8. Отвалообразование	64,23	8,99	57,6	11,3
Добычные работы, всего	179,38	25,10	129,2	25,4
1. Бурение и взрывание	31,45	4,40	30,4	6,0
2. Экскавация	78,67	11,0	57,2	11,3
3. Автомобильный транспорт	69,26	9,70	41,6	8,2
Осушение	41,57	5,80	32,3	6,4
Итого по карьеру	646,05	90,38	466,1	91,7
Переработка руды	68,77	9,62	42,0	8,3
Всего по руднику	714,82	100	508,1	100

Из табл. 4.1 видно, что вскрышные работы имеют значительно большую трудоёмкость, чем добычные. Из основных процессов вскрышных работ наибольшую трудоёмкость имеет процесс транспортирования горной массы железнодорожным транспортом, что объясняется большой удаленностью породных забоев от отвалов, значительным объёмом работ по ремонту и обслуживанию транспортных средств, сравнительно низким коэффициентом их использования.

При добыче руды наиболее трудоёмким процессом является экскавация её. В динамике удельные веса каждого процесса в полной трудоёмкости добычи руды практически не изменились, что свидетельствует об отсутствии существенных изменений в технологии производства работ на карьере. Правда, несколько увеличился удельный вес железнодорожного транспорта и отвалообразования вскрышных пород, что связано с увеличением объёма работ по этим процессам и ухудшением горно-геологических условий разработки месторождения.

Определение полной трудоёмкости добычи руды с расчленением по процессам позволяет сопоставлять её уро-

вень и трудоёмкость отдельных процессов по карьерам с различным уровнем специализации и кооперирования производства. В табл. 4.2 приведены сравнительные данные удельных весов трудоёмкости по процессам на карьерах КМА и ГОКов Кривбасса за 1971 г.

Таблица 4.2

Процессы и звенья производства	Удельный вес трудоёмкости на карьерах, %	
	КМА	ГОКов Кривбасса
Вскрышные работы	71,85	51,5
Добычные работы	22,89	43,6
Осушение	5,26	–
Обслуживание	–	4,9
Итого по карьеру	100	100

Из табл. 4.2 следует, что на карьерах КМА и ГОКов Кривбасса наиболее трудоёмким процессом являются вскрышные работы. Существенная разница в их удельных весах в полной трудоёмкости объясняется в основном тем, что на карьерах Кривбасса незначительный коэффициент вскрыши и большой объём добычи кварцитов по сравнению с карьерами КМА.

Для анализа очень важно знать трудоёмкость по видам. Расчленение трудоёмкости на технологическую, обслуживания и управления позволяет определить удельный вес основного, вспомогательного и управленческого труда в общих трудозатратах по предприятию, а также проследить влияние технического прогресса на структуру затрат труда.

В табл. 4.3 представлена динамика структуры трудоёмкости по процессам и звеньям производства на карьерах КМА в 1968–1973 гг. Данные свидетельствуют о том, что в полной трудоёмкости наибольший удельный вес (58,6–65%) занимают затраты вспомогательного обслуживающего труда, это обусловлено высокой трудоёмкостью ремонта горнотранспортного оборудования, 23,6–30% занимает технологическая трудоёмкость и 10–14%–управления. Эти

Таблица 4.3

Процессы производства	Код трудоёмкости	Трудоёмкость на карьерах, человеко-час / 1000 т руды / %							
		Лебединском		Михайловском		Южно-Лебединском		Стойленском	
		1968	1973	1968	1973	1970	1973	1970	1973
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вскрышные работы	T_1	425,1	304,6	637,98	465,7	880,25	660,6	1857,82	851,6
		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	T_2	109,18	74,36	217,61	159,28	304,03	188,6	596,10	285,3
		25,68	24,41	34,11	34,20	34,15	28,55	32,09	33,50
	T_3	264,58	202,09	338,84	236,27	488,18	421,1	1017,10	477,1
		62,24	66,35	53,13	50,74	54,84	63,75	54,75	56,02
	T_4	51,34	28,15	81,43	70,15	98,04	50,9	244,62	89,2
		12,08	9,24	12,76	15,06	11,01	7,70	13,16	10,48
Добычные работы	T_1	179,38	139,2	286,6	185,13	201,43	162,4	273,75	124,2
		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	T_2	58,91	52,8	103,87	56,03	60,54	60,4	102,10	51,2
		32,84	37,93	36,24	30,27	30,06	37,19	37,3	41,22
	T_3	97,94	69,5	144,02	100,33	117,46	74,4	130,09	58,5
		54,60	49,93	50,25	54,19	58,31	45,81	47,52	47,11

Продолжение табл. 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Добычные работы	T_4	22,53 / 12,56	16,9 / 12,14	38,71 / 13,51	28,77 / 15,54	23,43 / 11,63	27,6 / 17,00	41,56 / 15,18	14,5 / 11,67
	T_1	41,57 / 100,0	32,3 / 100,0	41,45 / 100,0	31,77 / 100,0	43,51 / 100,0	62,5 / 100,0	214,40 / 100,0	109,9 / 100,0
	T_2	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –
Осушение	T_3	36,09 / 86,82	28,1 / 87,0	34,28 / 82,7	25,11 / 79,04	37,74 / 86,74	28,3 / 87,08	169,50 / 79,06	94,2 / 85,71
	T_4	5,48 / 13,18	4,2 / 13,0	7,17 / 17,3	6,66 / 20,96	5,77 / 13,26	4,2 / 12,92	44,90 / 20,94	15,7 / 14,29
	T_1	68,77 / 100,0	42,0 / 100,0	114,2 / 100,0	90,88 / 100,0	52,54 / 100,0	42,0 / 100,0	231,02 / 100,0	105,6 / 100,0
	T_2	39,79 / 47,9	26,2 / 65,34	57,6 / 50,49	45,8 / 50,46	30,2 / 57,44	24,2 / 37,66	87,31 / 37,94	40,48 / 38,95
Переработка руды	T_3	21,70 / 31,51	11,8 / 25,14	44,0 / 38,48	30,19 / 33,34	16,62 / 31,67	13,8 / 32,82	110,66 / 47,75	54,12 / 50,63
	T_4	7,28 / 10,59	4,0 / 9,52	12,6 / 11,03	14,69 / 16,2	5,72 / 10,89	4,0 / 9,52	33,05 / 14,52	11,0 / 10,42

Продолжение табл. 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Всего по руднику	T_1	714,82 100,0	518,10 100,0	1072,5 100,0	773,28 100,0	1187,73 100,0	800,5 100,0	2576,99 100,0	1181,3 100,0
	T_2	168,09 23,6	127,16 24,5	321,48 29,9	215,31 27,9	364,57 30,6	249,0 27,6	698,2 27,1	336,5 28,2
	T_3	460,10 64,5	337,69 65,0	618,84 58,6	457,7 58,2	698,2 59,0	561,8 62,3	1514,66 58,8	724,4 60,6
	T_4	86,63 11,9	53,25 10,5	132,18 11,5	100,27 12,9	132,96 10,4	86,4 10,1	364,13 14,1	130,4 11,2

цифры по процессам неодинаковы. Удельный вес обслуживания в полной трудоёмкости вскрышных работ намного выше, чем на других процессах, что обусловлено применением на вскрышных работах различных технологических схем, от цикличной до поточной, существенно отличающихся по трудоёмкости, на добычных же применяется только цикличная схема. Кроме того, на вскрышных работах используется более разнообразная и сложная техника.

И наконец, анализ табл. 4.3 позволяет отметить, что трудоёмкость на карьерах, как полная, так и по процессам и видам, имеет устойчивую тенденцию к снижению, причём темпы снижения технологической превышают темпы снижения вспомогательной трудоёмкости. Удельный вес вспомогательного труда в общих трудозатратах по карьеру постоянно повышается.

Это обусловлено тем, что прогресс в технике и технологии на вскрышных и добычных работах сопровождается внедрением высокопроизводительного оборудования (буровых станков СБШ-200–250, экскаваторов цикличного действия ЭКГ-8, ротор-

ных комплексов КУ-800 и "Лаухаммер"), требующего все возрастающих затрат вспомогательного и обслуживающего труда. А темпы механизации обслуживающих работ значительно отстают от темпов механизации основных работ.

4.2. Методика оценки эффективности мероприятий по снижению трудоёмкости на карьерах

Экономико-математические модели трудоёмкости по процессам позволяют оценить эффективность технико-организационных мероприятий с точки зрения изменения трудоёмкости, численности работающих, производительности труда, экономии по фонду заработной платы, как по процессу, так и по предприятию в целом. На практике при определении эффективности мероприятий учитывают изменение численности только основных (технологических) рабочих по процессу или карьеру. Исследования же показывают, что осуществление мероприятий по снижению технологической трудоёмкости, как правило, приводит к снижению трудоёмкости по обслуживанию и управлению, а также по смежным процессам и карьеру в целом.

Рекомендуемая методика обеспечивает оценку изменения уровня производительности труда по процессу, смежным процессам и карьеру в целом при проведении технико-организационных мероприятий по одному из процессов, позволяет определить окончательный экономический эффект от осуществления мероприятий по снижению трудоёмкости, не требующих дополнительных капиталовложений. Если же внедрение мероприятий связано с дополнительными затратами живого и овеществленного труда, то окончательная экономическая эффективность таких мероприятий должна определяться по методике оценки эффективности капитальных вложений. Оценку эффективности мероприятий можно провести непосредственно по экономико-математическим моделям (I вариант) и по результатам исследований уравнений чистой регрессии (II вариант).

Рассмотрим методику оценки эффективности на примере процесса "экскавация руды" на Лебединском руднике. Установлено, что в результате проведения технических и организационных мероприятий улучшилось использование

экскаваторов во времени на 10% ($x_{2,10}$ = 0,583) и снизился коэффициент структуры шатата на 10% ($x_{8,10}$ =3,0). Улучшение использования экскаваторов естественно привело к росту объёма добычи и месячной производительности экскаватора на 1 м^3 ёмкости ковша ($x_{10,10}$ = 29,15).

1 вариант.

1. Принимается за базовый определенный месяц года и значения аргументов x_{ej} .

2. Рассчитывается по моделям трудоёмкость базового месяца (см. приложения).

3. Определяются значения x_{ej} после проведения мероприятий:

$$x_{2,10} = 0,583, \qquad x_{8,10} = 3,0, \qquad x_{10,10} = 29,15.$$

4. По экономико-математическим моделям, представленным в приложениях рассчитывается трудоёмкость по видам после проведения мероприятий.

$$T_{2,10} = 18,90 + 2,69 \cdot 3,0 - 0,5 \cdot 29,15 = 12,40,$$

$$T_{3,10} = 117,33 - 72,94 \cdot 0,583 - 0,20 \cdot 270,5 + 5,34 \cdot 3,0 = 39,73,$$

$$T_{4,10} = 20,35 - 0,41 \cdot 29,15 = 8,40,$$

$$T_{1,10} = 12,40 + 39,73 + 8,40 = 60,53.$$

5. Сравнивается трудоёмкость по видам базового и проектируемого периодов и оценивается эффективность с точки зрения показателя производительности труда, табл. 4.4.

Таблица 4.4.

T_{ij}	Трудоёмкость		±
	фактическая	проектная	
$T_{2,10}$	14,53	12,40	-2,13
$T_{3,10}$	43,82	39,73	-4,09
$T_{4,10}$	9,48	8,40	-1,08
Итого $T_{1,10}$	67,83	60,53	-7,30

$$П_{1,10\,факт} = 2476,8 \text{ т/мес},$$

$$П_{1,10\ \text{проект}} = \frac{1000 \cdot 7 \cdot 24}{60,53} = 2775,3\ \text{т/мес.}$$

Индекс роста производительности труда по процессу "экскавация руды" составит:

$$j_{П_{1,10}} = \frac{2775,6 \cdot 1000}{2476,8} = 112,06\%.$$

П вариант.

1. Определяются значения x_{ej} после проведения мероприятий и их изменение по сравнению с базовым периодом

$x_{2,10} = 0,583$ $\quad \Delta x_{2,10} = +10\%$

$x_{8,10} = 3,0$ $\quad \Delta x_{8,10} = -10\%$

$x_{10,10} = 29,15$ $\quad \Delta x_{10,10} = +10\%$

2. По уравнению чистой регрессии определяется значение трудоёмкости, соответствующее изменению x_{ej} Уравнение чистой регрессии T_{ij} по каждому аргументу x_{ej} показывает, как изменилось бы T_{ij} в среднем с изменением $x_{e,j}$, если все прочие аргументы были бы постоянны и закреплены на своих средних уровнях.

Эти изменения T_{ij} по процессам, соответствующие изменению x_{ej}, приводятся в прил. 2. Табличные значения ΔT_{ij} (табл. 4.5) пересчитываются пропорционально фактическому изменению Δx_{ej} и определяется изменение трудоёмкости как сумма ΔT_{ij}

Таблица 4.5

x_{ej}	Δx_{ej}	ΔT_{2j}	ΔT_{3j}	ΔT_{4j}	$\Sigma \Delta T_{ij}$
$x_{2,10}$	-10%	-	-3,80	-	-3,80
$x_{8,10}$	-10%	-1,05	-2,47	-	-3,52
$x_{10,10}$	-10%	-0,82	-	-0,67	-1,49
Итого		-1,87	-6,27	-0,67	-8,81

3. Сравниваются трудоёмкости базового и проектируемого периодов и определяется уровень изменения произво-

дительности труда.

$$T_{1,10\,факт} = 67,83, \qquad П_{1,10\,факт} = 2476,8\ т/мес,$$

$$T_{1,10\,проект} = 67,83 - 8,89 = 59,02,$$

$$П_{1,10\,проект} = \frac{1000 \cdot 7 \cdot 24}{59,02} = 2808,0\ т/мес,$$

$$Э_{П_{1,10}} = \frac{2008,0 \cdot 100}{2476,8} = 113,34\%.$$

Оценка мероприятий по вариантам показала, что первый вариант обеспечивает более высокую надежность получения достоверного результата и может быть реализован на ЭВМ.

Во втором варианте отклонения от базового периода отличаются от первого варианта в силу специфики расчёта чистой регрессии, так как он более прост, его можно рекомендовать для укрупненных расчётов при оценке эффективности мероприятий.

Оценка мероприятий не должна оканчиваться анализом изменения трудоёмкости только по одному процессу (в нашем примере экскавации руды), т.к. изменение условий производства в одном из процессов приводит к изменению условий производства на смежных процессах, вскрышных и добычных работах и по карьеру в целом. Методика предусматривает проведение комплексного анализа изменения трудоёмкости по всем процессам карьера с выходом на полную трудоёмкость по карьеру и оценкой её изменения в результате проведения технико-организационных мероприятий по одному из процессов. Для этого проводится обоснование изменения условий производства по всем процессам после проведения мероприятий, определяется трудоёмкость по видам, процессам и карьеру в целом, сопоставляется и анализируется уровень производительности труда и его изменение в результате проведения мероприятий.

Методика позволяет на основе прогноза условий производства обосновать уровень производительности труда по процессам и карьеру в целом при разработке перспективных планов.

Горнорудная промышленность является одной из трудоёмких отраслей, поэтому вопрос снижения затрат живого труда имеет в современных условиях особенно важное значение для повышения эффективности добычи руды.

Выявление резервов на каждом горнорудном предприятии возможно только на основе глубокого экономического анализа. В данной работе приводятся основные методические положения по определению трудоёмкости добычи руды на железорудных карьерах с расчленением по процессам и видам. Уровень трудоёмкости работ на карьере зависит от большого числа факторов материально-технических условий производства, поэтому немаловажное значение имеет отбор наиболее существенных из них и оценка степени влияния каждого на трудоёмкость. В работе показан качественный и количественный анализ факторов, обусловливающих трудоёмкость добычи руды, позволивший разработать экономико-математические модели трудоёмкости по процессам и по видам. Представлен пример расчёта модели трудоёмкости перевозки руды автотранспортом в условиях Лебединского карьера КМА, а также блок-схема алгоритма составления их и решения на ЭВМ.

В заключение приводится методика анализа трудоёмкости и оценки эффективности мероприятий по её снижению с помощью экономико-математических моделей на железорудных карьерах.

Литература

1. Методика учёта трудоёмкости промышленной продукции. М., НИИ труда, 1972.

2. Воловельская С.Н., Жилин А.И., Кулиш С.А., Сивый В.Б. Нелинейная корреляция и регрессия. Киев, "Техника", 1971.

3. Воловельская С.Н. Математические методы обработки результатов наблюдений. Харьков, ХИЗИ, 1965.

4. Лукомский Я.И. Теория корреляции и её применение к анализу производства. М., Госстатиздат, 1961.

5. Бородкин Ф.М. Статистическая оценка связей экономических показателей. М., "Статистика", 1968.

6. Венецкий М.Г., Кильдишев Г.С. Основы математиче-

ской статистики. М., Госстатиздат, 1963.

7. Майзель Л.Л. Разработка экономико-математических моделей для оптимального планирования на угольных шахтах. М., ИГД, 1966.

8. Осмоловский В.В., Иоффе Э.М., Плахтыря Н.Ф. Анализ производственно-хозяйственной деятельности горно-рудного предприятия. М., "Недра", 1968.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

РАСЧЁТ ТРУДОЁМКОСТИ ПО ЛЕБЕДИНСКОМУ КАРЬЕРУ

№ процесса	Факторы производства (x_ℓ)														Трудоёмкость				
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{15}	x_{16}	$T_{2\,расч.}$	$T_{3\,расч.}$	$T_{4\,расч}$	$T_{1\,расч.}$	$T_{1\,факт.}$
1																			
2		0,59	185			1,33		4,3		13,15					19,05	48,03	10,67	77,75	82,81
3																			
4				0,48		1,33	10	3,63					1373		28,24	110,65	14,45	153,34	148,22
5																			
6					400	0,65		1,28	9,0		2,0				21,59	29,18	5,06	55,83	50,86
7																			
8		0,69			815,4		10					35			14,50	34,48	6,00	54,98	55,58
	Итого вскрышные работы														83,38	222,32	36,18	341,88	339,47
9	91	0,24	8,5				10	2,18							5,72	13,45	4,50	23,67	26,30
10		0,53	270,5					3,34		26,5					14,53	43,82	9,48	67,83	64,30
11				0,58	611,8		10	1,30	3,0						21,19	25,35	5,65	52,19	53,81
12																			
13					611,8	1,97		2,86						3,86	-	30,80	4,36	35,16	35,87
	Итого добычные работы														41,44	113,42	23,99	178,85	180,28
	ВСЕГО ПО КАРЬЕРУ														124,82	335,74	60,17	520,73	519,75

Приложение 2

ИЗМЕНЕНИЯ ТРУДОЁМКОСТИ ПО ПРОЦЕССАМ НА ЛЕБЕДИНСКОМ КАРЬЕРЕ, СООТВЕТСТВУЮЩИЕ ИЗМЕНЕНИЮ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРОИЗВОДСТВА

Процессы	Код трудоёмкости	Снижение трудоёмкости за счёт изменения (±) факторов на 10%, человеко-час					
		увеличения коэффициента использования оборудования в календарном фонде времени	увеличения среднечасовой производительности оборудования	увеличения коэффициента использования парка локомотивосоставов	увеличения сменной производительности локомотивосостава	уменьшения коэффициента структуры штата	увеличения месячной производительности экскаватора на 1 м³ ёмкости ковша
1	2	3	4	5	6	7	8
Вскрышные работы							
Экскавация на железнодорожный транспорт	T_1	0,55	1,55	–	–	0,56	0,35
	T_2	–	0,48	–	–	–	0,21
	T_3	–	1,02	–	–	–	0,14
	T_4	0,55	0,05	–	–	–	–

Продолжение приложения 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Железно-	T_1	–	–	1,43	9,39	5,38	–
дорожный	T_2	–	–	0,90	0,21	–	–
транспорт	T_3	–	–	0,53	8,49	–	–
	T_4	–	–	–	0,69	–	–
	T_1	–	–	–	–	1,19	–
Гидротранс-	T_2	–	–	–	–	–	–
порт	T_3	–	–	–	–	–	–
	T_4	–	–	–	–	–	–
	T_1	1,32	–	–	–	–	–
Отвалообр-	T_2	–	–	–	–	–	–
азование	T_3	0,95	–	–	–	–	–
	T_4	0,37	–	–	–	–	–
Всего по	T_1	1,87	1,55	1,43	9,39	7,13	0,35
вскрышным	T_2	–	0,48	0,90	0,21	–	0,21
работам	T_3	0,95	1,02	0,53	8,49	–	0,14
	T_4	0,92	0,05	–	0,69	–	–
Добычные работы							
Буро-взрыв-	T_1	1,90	0,64	–	–	–	–

Продолжение приложения 2

1	2	3	4	5	6	7	8
	T_2	0,04	0,64	–	–	–	–
ные работы	T_3	1,23	–	–	–	–	–
	T_4	0,63	–	–	–	–	–
Экскавация	T_1	3,80	–	–	–	3,52	1,49
	T_2	–	–	–	–	1,05	0,82
	T_3	3,80	–	–	–	2,47	–
	T_4	–	–	–	–	–	0,67
Автомобиль-	T_1	–	–	0,68	–	1,96	–
ный транс-	T_2	–	–	0,03	–	–	–
порт	T_3	–	–	0,56	–	–	–
	T_4	–	–	0,09	–	–	–
Всего по	T_1	5,70	5,87	0,68	–	5,48	0,82
добычным	T_2	0,04	0,64	0,03	–	–	0,82
работам	T_3	5,03	5,23	0,56	–	–	–
	T_4	0,63	–	0,09	–	–	–
	T_1	7,57	7,42	2,11	9,39	12,61	1,17
Итого по	T_2	0,04	1,12	0,93	0,21	–	1,03
карьеру	T_3	5,98	6,25	1,09	8,49	–	0,14
	T_4	1,55	0,05	0,09	0,69	–	–

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТРУДОЁМКОСТИ ПО ПРОЦЕССАМ НА КАРЬЕРАХ КМА, ЧЕЛОВЕКО-ЧАС НА 1000 Т РУДЫ

Таблица 1

Буро-взрывные работы по вскрыше.
Южно-Лебединский карьер (Ю)

Код	Условия производства	Колеблемость
$x_{1,1}$	Выход горной массы на 1 пог.м скважины, $м^3$/пог.м	30–46
$x_{2,1}$	Коэффициент использования станков в календарном фонде времени, доли единицы	0,15–0,25
$x_{3,1}$	Среднечасовая производительность бурового станка, м/час	15–30
$x_{7,1}$	Сезонность, мес	1–12
$x_{8,1}$	Коэффициент структуры штата по процессу $x_{8,1}=\frac{T_{3,1}+T_{4,1}}{T_{2,1}}$, индекс	1,1–3,6

$$T^{Ю}_{1,1} = 24{,}26 + \frac{3{,}152}{x_{2,1}} + \frac{271{,}11}{x_{3,1}},$$

$$T^{Ю}_{2,1} = 46{,}65 - 0{,}881\,x_{1,1} + \frac{0{,}899}{x_{2,1}},$$

$$T^{Ю}_{3,1} = 52{,}60 - 0{,}58\,x_{1,1} + \frac{0{,}40}{x_{2,1}} + \frac{90{,}86}{x_{3,1}} - 1{,}35\,x_{7,1}$$

$$T^{Ю}_{4,1} = -5{,}52 + \frac{357{,}52}{x_{1,1}} + \frac{1{,}51}{x_{2,1}} - \frac{8{,}18}{x_{8,1}}.$$

Таблица 2

Экскавация вскрыши на железнодородный транспорт.
Лебединский и Михайловский карьеры (Л, М),
Стойленский карьер (С)

Код	Условия производства	Колеблемость	
		Л, М	С
$x_{2,2}$	Коэффициент использования экскаваторов в календарном фонде времени, доли единицы	0,4–0,7	–
$x_{3,2}$	Среднечасовая производительность экскаватора, $м^3$	130–470	–
$x_{6,2}$	Коэффициент вскрыши по процессу, $м^3/т$	0,50–1,60	3,2–6,0
$x_{7,2}$	Сезонность, мес	–	1–12
$x_{8,2}$	Коэффициент структуры штата по процессу, индекс	2,0–6,5	2,2–6,5
$x_{10,2}$	Месячная производительность экскаватора на 1 $м^3$ ёмкости ковша, тыс.$м^3$	6,2–20,4	11,2–26,9
$x_{11,2}$	Средневзвешенная категория пород по трудности экскавации, индекс	2,6–3,0	–

$$T^{ЛМ}_{1,2} = 8,36 + \frac{6,96}{x_{2,2}} + \frac{5911,75}{x_{3,2}} + 39,85x_{6,2} + 1,5x_{8,2} - 2,19x_{10,2};$$

$$T^{ЛМ}_{2,2} = -6,90 + \frac{1190,3}{x_{3,2}} + 6,39x_{6,2} + 2,55x_{8,2};$$

$$T^{ЛМ}_{3,2} = 32,00 + \frac{2413,3}{x_{3,2}} + 2,92x_{6,2} + 0,29x_{8,2} - 0,16x_{10,2};$$

$$T^{ЛМ}_{4,2} = 3,87 + \frac{2,72}{x_{2,2}} + \frac{126,9}{x_{3,2}} + 2,14x_{6,2} - 0,11x_{10,2};$$

$$T^{C}_{1,2} = -42{,}50 + 25{,}86\,x_{6,2} + 75{,}19\,x_{8,2} - 9{,}46\,x_{10,2}$$

$$T^{C}_{2,2} = -31{,}00 + 5{,}87\,x_{6,2} + 29{,}53\,x_{11,2},$$

$$T^{C}_{3,2} = 310{,}84 + 143{,}39\,x_{6,2} + 5{,}32\,x_{10,2},$$

$$T^{C}_{4,2} = 12{,}37 + 5{,}51\,x_{6,2} - 1{,}83\,x_{7,2} + \frac{51{,}91}{x_{10,2}} + 7{,}03\,x_{11,2}.$$

Таблица 3

Экскавация вскрыши на автомобильный транспорт Южно-Лебединский и Стойленский карьеры (Ю, С), Михайловский карьер (М)

Код	Условия производства	Колеблемость	
		Ю, С	М
$x_{2,3}$	Коэффициент использования экскаваторов в календарном фонде времени, доли единицы	–	0,4–0,7
$x_{3,3}$	Среднечасовая производительность экскаватора, м³/час	70–250	70–220
$x_{6,3}$	Коэффициент вскрыши по процессу, м³/т	0,3–4,6	0,2–1,4
$x_{7,3}$	Сезонность, мес	1–12	1–12
$x_{8,3}$	Коэффициент структуры штата по процессу, индекс	1,3–5,4	0,9–1,7
$x_{10,3}$	Месячная производительность экскаватора на 1 м³ ёмкости ковша, тыс. м³	–	3,8–34,2
$x_{11,3}$	Средневзвешенная категория пород по трудности экскавации, индекс	1,0–3,2	3,0–3,6
$x_{13,3}$	Месячная нагрузка на горизонт, тыс. м³	10–100	–

$$T^{ЮС}_{1,3} = 10,36 + \frac{33766,4}{x_{3,3}} + 46,35x_{6,3} - 8,20x_{7,3} - \frac{286,4}{x_{8,3}} + \frac{3642,5}{x_{13,3}},$$

$$T^{ЮС}_{2,3} = 54,64 + \frac{6287,55}{x_{3,3}} - 5,45x_{7,3} + 1,57x_{11,3},$$

$$T^{ЮС}_{3,3} = 102,4 + \frac{3909}{x_{3,3}} + 18,22x_{6,3} + 36,85x_{11,3} - 16,7x_{13,3},$$

$$T^{ЮС}_{4,3} = 1,94 + \frac{4305,5}{x_{3,3}} + 6,49x_{6,3} - 1,91x_{7,3} + 1,29x_{11,3},$$

$$T^{М}_{1,3} = 47,20 - 1,10x_{7,3} - \frac{4,70}{x_{8,3}} - \frac{29,9}{x_{11,3}},$$

$$T^{М}_{2,3} = 24,48 - 2,23x_{2,3} - 0,0735x_{3,3} + 2,63x_{6,3} - 0,33x_{7,3} + \frac{27,9}{x_{10,3}},$$

$$T^{М}_{3,3} = 14,72 + \frac{2,7}{x_{2,3}} + 1,70x_{6,3} - 0,62x_{7,3} - \frac{21,8}{x_{10,3}} - \frac{16,85}{x_{11,3}},$$

$$T^{М}_{4,3} = 6,62 - 0,0032x_{3,3} - 0,06x_{7,3} - \frac{4,65}{x_{11,3}}.$$

Таблица 4

Транспортировка вскрыши железнодорожным транспортом. Лебединский карьер (Л), Михайловский карьер (М), Стойленский карьер (С)

Код	Условия производства	Колеблемость		
		Л	С	М
1	2	3	4	5
$x_{4,4}$	Коэффициент использования парка локомотивов, индекс	0,40–0,55	0,5–0,9	0,5–0,8
$x_{6,4}$	Коэффициент вскрыши по процессу, м³/т	1,0–1,6	3,0–6,5	0,2–1,2

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5
$x_{7,4}$	Сезонность, мес	1–12	–	1–12
$x_{8,4}$	Коэффициент структуры штата по процессу, индекс	2,4–5,7	–	1,4–2,1
$x_{9,4}$	Средняя дальность транспортировки, км	–	2,80–3,10	3,5–4,2
$x_{14,4}$	Сменная производительность локомотивосостава, м^3/смену	1100–1600	900–1500	650–1600

$$T^{Л}_{1,4} = 237,12 + \frac{7,42}{x_{4,4}} + 47,81x_{6,4} - \frac{244,5}{x_{8,4}} - 0,08x_{14,4},$$

$$T^{Л}_{2,4} = 3,06 + \frac{5,28}{x_{4,4}} + 8,96x_{6,4} + \frac{3130,2}{x_{14,4}},$$

$$T^{Л}_{3,4} = 123,44 + \frac{3,52}{x_{4,4}} + 46,0x_{6,4} - \frac{12,62}{x_{7,4}} - 0,061x_{14,4},$$

$$T^{Л}_{4,4} = 23,63 - \frac{2,79}{x_{6,4}} - 0,0053x_{14,4},$$

$$T^{С}_{1,4} = 189,91 + \frac{52,15}{x_{4,4}} + 34,20x_{6,4} + 18,68x_{9,4} - 0,047x_{14,4},$$

$$T^{С}_{2,4} = 88,11 + \frac{14,14}{x_{4,4}} + 6,92x_{6,4},$$

$$T^{С}_{3,4} = 141,0 + 14,96x_{6,4} + 13,82x_{9,4} - 0,025x_{14,4},$$

$$T^{С}_{4,4} = 5,54 + \frac{15,30}{x_{4,4}} + 7,45x_{6,4} - \frac{22,80}{x_{9,4}},$$

$$T^{М}_{1,4} = 114,43 + 44,66x_{6,4} - \frac{51,2}{x_{8,4}} + 15,5x_{9,4} - 0,064x_{14,4},$$

$$T^{М}_{2,4} = 24,64 + \frac{4,32}{x_{4,4}} + 16,76x_{6,4} - 0,5x_{7,4} + 3,46x_{9,4} - 0,014x$$

$$T^{M}_{4,4} = 10,21 + 4,46x_{6,4} - 0,26x_{7,4} + 1,11x_{9,4} - 0,0058x_{14,4}.$$

Таблица 5

Транспортировка вскрыши автомобильным транспортом.
Южно-Лебединский карьер (Ю),
Стойленский карьер (С),
Михайловский карьер (М)

Код	Условия производства	Колеблемость Ю, С, М
$x_{6,5}$	Коэффициент вскрыши по процессу, м³/т	0,2–4,6

$$T^{Ю,С,М}_{1,5} = 90,28 + 94,82x_{6,5},$$
$$T^{Ю,С,М}_{2,5} = 53,36 + 33,81x_{6,5},$$
$$T^{Ю,С,М}_{3,5} = 50,15 + 33,10x_{6,5},$$
$$T^{Ю,С,М}_{4,5} = 11,90 + 10,10x_{6,5}.$$

Таблица 6

Гидротранспорт вскрыши.
Лебединский карьер (Л),
Южно-Лебединский карьер (Ю)

Код	Условия производства	Колеблемость Л	Ю
1	2	3	4
$x_{2,6}$	Коэффициент использования гидроустановок в календарном фонде времени, доли единицы	–	0,4–0,7
$x_{5,6}$	Месячный объём работ, тыс.м³	160–590	–
$x_{6,6}$	Коэффициент вскрыши по процессу, м³/т	0,8–1,2	3,3–13,6

Продолжение табл. 6

1	2	3	4
$x_{7,6}$	Сезонность, мес	1–12	1–12
$x_{8,6}$	Коэффициент структуры штата по процессу, индекс	1,2–2,5	1,5–1,7
$x_{9,6}$	Приведенная дальность транспортировки, км	–	5,45–6,80
$x_{11,6}$	Средневзвешенная крепость пород по трудности экскавации, индекс	1,2–2,8	–

$$T^{Л}_{1,6} = 25{,}03 + 25{,}4x_{5,6} + 5{,}46x_{8,6} + 1{,}71x_{11,6},$$

$$T^{Л}_{2,6} = 17{,}30 + \frac{960}{x_{5,6}},$$

$$T^{Л}_{3,6} = 33{,}30 - \frac{4{,}64}{x_{8,6}} + 2{,}36x_{8,6},$$

$$T^{Л}_{4,6} = 4{,}10 + 1{,}48x_{6,6},$$

$$T^{Ю}_{1,6} = 499{,}50 + \frac{7{,}3}{x_{2,6}} + \frac{109{,}9}{x_{7,6}} - \frac{8{,}50}{x_{8,6}},$$

$$T^{Ю}_{2,6} = 177{,}50 + \frac{17{,}8}{x_{2,6}} + 1{,}94x_{6,6} - \frac{29{,}65}{x_{8,6}} - \frac{131{,}54}{x_{9,6}},$$

$$T^{Ю}_{3,6} = 297{,}11 + \frac{7{,}1}{x_{2,6}} - \frac{60{,}3}{x_{7,6}} - \frac{15{,}6}{x_{8,6}} - \frac{143{,}3}{x_{9,6}},$$

$$T^{Ю}_{4,6} = 7{,}36 + \frac{13{,}14}{x_{2,6}} + 1{,}76x_{6,6} + \frac{75{,}5}{x_{7,6}} - \frac{21{,}0}{x_{9,6}}.$$

Таблица 7

Конвейерный транспорт вскрыши.
Стойленский карьер (С)

Код	Условия производства	Колеблемость
$x_{2,7}$	Коэффициент использования оборудования в календарном фонде времени, доли единицы	0,3–0,75
$x_{3,7}$	Среднечасовая производительность конвейерного комплекса, м³/час	200–560
$x_{6,7}$	Коэффициент вскрыши по процессу, м³/т	0,9–3,6
$x_{7,7}$	Сезонность, мес	4–12
$x_{8,7}$	Коэффициент структуры штата по процессу, индекс	2,0–3,6

$$T^{C}_{1,7} = 301,70 - 30,43x_{2,7} - 0,0914x_{3,7} + 4,26x_{6,7} - \frac{16,91}{x_{8,7}},$$

$$T^{C}_{2,7} = 132,90 - 0,0028x_{3,7} + 1,84x_{6,7} - 8,11x_{7,7},$$

$$T^{C}_{3,7} = 308,17 - 0,418x_{3,7} + 2,44x_{6,7} - 0,5x_{7,7},$$

$$T^{C}_{4,7} = 26,81 + 3,99x_{6,7}.$$

Таблица 8

Отвалообразование при железнодорожном транспорте вскрыши.
Лебединский карьер (Л),
Михайловский карьер (М),
Стойленский карьер (С)

Код	Условия производства	Колеблемость	
		Л, М	С
$x_{2,8}$	Коэффициент использования отвальных экскаваторов в календарном фонде времени, индекс	0,6–0,8	0,5–0,8

Продолжение табл.8

Код	Условия производства	Колеблемость	
		Л, М	С
$x_{3,8}$	Среднечасовая производительность экскаватора, м³/ч	–	100–300
$x_{5,8}$	Месячный объём работ, тыс.м³	250–940	240–580
$x_{8,8}$	Коэффициент структуры штата по процессу, индекс	–	1,7–5,2
$x_{12,8}$	Суммарная ёмкость ковшей отвальных экскаваторов, м³	25–35	23,3–33,8

$$T_{1,8}^{ЛМ} = 120{,}50 - 0{,}07282 x_{5,8},$$

$$T_{2,8}^{Л,М} = 14{,}57 - \frac{654{,}13}{x_{5,8}} - \frac{26{,}4}{x_{12,8}},$$

$$T_{3,8}^{ЛМ} = 78{,}90 - 13{,}88 x_{2,8} - 0{,}0233 x_{5,8} - \frac{110{,}8}{x_{12,8}},$$

$$T_{4,8}^{Л\,М} = 20{,}24 - 0{,}0184 x_{5,8},$$

$$T_{1,8}^{С} = 448{,}02 - 1{,}075 x_{3,8} + 0{,}0623 x_{5,8} + 7{,}40 x_{8,8} + 0{,}92 x_{12,8},$$

$$T_{2,8}^{С} = 165{,}52 + \frac{9{,}2}{x_{2,8}} - 0{,}56 x_{3,8} + 0{,}063 x_{5,8} - \frac{543{,}8}{x_{12,8}},$$

$$T_{3,8}^{С} = 230{,}17 - \frac{9782{,}0}{x_{5,8}},$$

$$T_{4,8}^{С} = 24{,}00 - 0{,}0794 x_{3,8} + 0{,}063 x_{5,8}.$$

Таблица 9

Буро-взрывные работы по руде. Лебединский, Южно-Лебединский и Михайловский карьеры (Л, Ю, М), Стойленский карьер (С)

Код	Условия производства	Колеблемость	
		Л, Ю, М	С
$x_{1,9}$	Выход руды на 1 пог.м скважины, т/пог.м	40–140	30–100
$x_{2,9}$	Коэффициент использования станков в календарном фонде времени, доли единицы	0,1–0,4	0,15–0,55
$x_{3,9}$	Среднечасовая производительность бурового станка, м/ч	3–10	3,5–9,0
$x_{7,9}$	Сезонность, мес	1–12	1–12
$x_{8,9}$	Коэффициент структуры штата по процессу, индекс	0,8–3,2	–

$$T_{1,9}^{Л,Ю,М} = 45,42 + \frac{998,1}{x_{1,9}} - 131,2x_{2,9} - \frac{5,17}{x_{7,9}} + 0,81x_{8,9},$$

$$T_{2,9}^{Л,Ю,М} = 16,37 - 1,46x_{2,9} - 1,13x_{3,9} - 0,17x_{7,9},$$

$$T_{3,9}^{Л,Ю,М} = 23,45 - 41,1x_{2,9} - \frac{1,44}{x_{7,9}},$$

$$T_{4,9}^{Л,Ю,М} = 9,62 - 21,1x_{2,9} - \frac{0,68}{x_{7,9}},$$

$$T_{1,9}^{С} = 100,32 - 0,45x_{1,9} + \frac{123,9}{x_{3,9}} - 4,47x_{7,9},$$

$$T_{2,9}^{С} = -7,53 + \frac{2,12}{x_{2,9}} + \frac{125,7}{x_{3,9}} - 0,60x_{7,9},$$

$$T_{3,9}^{С} = 67,50 - 0,082x_{1,9} - 3,89x_{7,9},$$

$$T_{4,9}^{С} = 11,18 - 0,046x_{1,9} + \frac{38,78}{x_{3,9}} - 0,865x_{7,9}.$$

Таблица 10

Экскавация руды на автомобильный транспорт,
Лебединский, Южно-Лебединский,
Стойленский и Михайловский карьеры (Л,Ю, С,М)

Код	Условия производства	Колеблемость Л, Ю, С, М
$x_{2,10}$	Коэффициент использования оборудования в календарном фонде времени, доли единицы	0,3–0,75
$x_{3,10}$	Среднечасовая производительность экскаватора, т/ч	90 – 270
$x_{8,10}$	Коэффициент структуры штата по процессу, индекс	1,4 – 6,0
$x_{10,10}$	Месячная производительность экскаватора на 1 м³ ёмкости ковша, тыс.т	7,5–30,0

$$T^{Л,Ю,С,М}_{1,10} = 217{,}30 - 108{,}35x_{2,10} - 0{,}40x_{3,10} + 3{,}78x_{8,10},$$

$$T^{Л,Ю,С,М}_{2,10} = 18{,}90 + 2{,}69x_{8,10} - 0{,}50x_{10,10},$$

$$T^{Л,Ю,С,М}_{3,10} = 117{,}33 - 72{,}94x_{2,10} - 0{,}20x_{3,10} + 6{,}34x_{8,10},$$

$$T^{Л,Ю,С,М}_{4,10} = 20{,}35 - 0{,}41x_{10,10}.$$

Таблица 11

Транспортировка руды автомобильным транспортом.
Лебединский, Южно-Лебединский,
Стойленский и Михайловский карьеры (Л,Ю,С,М)

Код	Условия производства	Колеблемость Л, Ю, С, М
$x_{4,11}$	Коэффициент использования парка автосамосвалов, доли единицы	0,4–0,65

Продолжение табл.11

Код	Условия производства	Колеблемость Л, Ю, С, М
$x_{5,11}$	Месячный объём работ, тыс.т	70–635
$x_{7,11}$	Сезонность, мес	1–12
$x_{8,11}$	Коэффициент структуры штата по процессу, индекс	0,60–1,70
$x_{9,11}$	Средняя дальность транспортировки, км	2,3–6,5

$$T_{1,11}^{Л,Ю,С,М} = 94,38 - 21,21x_{4,11} + \frac{3484,8}{x_{5,11}} - 2,11x_{7,11} - \frac{5,74}{x_{8,11}} - \frac{25,39}{x_{9,11}},$$

$$T_{2,11}^{Л,Ю,С,М} = 31,91 - 0,52x_{4,11} + \frac{1478,10}{x_{5,11}} - 1,58x_{7,11} + 1,56x_{9,11},$$

$$T_{3,11}^{Л,Ю,С,М} = 18,62 - 11,08x_{4,11} + \frac{1403,2}{x_{5,11}} - 0,84x_{7,11} + 17,86x_{8,11} - \frac{11,85}{x_{9,11}},$$

$$T_{4,11}^{Л,Ю,С,М} = 7,02 - 1,87x_{4,11} + \frac{405,80}{x_{5,11}} - 0,20x_{7,11} - \frac{3,18}{x_{9,11}}.$$

Таблица 12

Транспортировка руды железнодорожным транспортом со склада. Михайловский карьер (М)

Код	Условия производства	Колеблемость
$x_{5,12}$	Месячный объём работ, тыс.т	520–630
$x_{7,12}$	Сезонность, мес	1–12
$x_{8,12}$	Коэффициент структуры штата по процессу, индекс	0,6–1,2
$x_{14,12}$	Сменная производительность локомотивосостава, т/смена	1700–2400

$$T^{M}_{1,12} = 33,40 + \frac{972,82}{x_{5,12}} + \frac{1,10}{x_{7,12}} - 0,00182x_{14,12},$$

$$T^{M}_{2,12} = 24,27 - 0,0102x_{5,12} - 0,000936x_{14,12},$$

$$T^{M}_{3,12} = 17,33 + \frac{435,40}{x_{5,12}} - 0,25x_{7,12} - 0,00057x_{14,12},$$

$$T^{M}_{4,12} = 0,455 + 0,481x_{8,12}.$$

Таблица 13

Осушение.
Лебединский и Михайловский карьеры (Л, М),
Южно-Лебединский карьер (Ю),
Стойленский карьер (С)

Код	Условия производства	Колеблемость		
		Л, М	Ю	С
$x_{5,13}$	Месячный объём добычи руды по карьеру, тыс.т	490–650	90–180	70–150
$x_{6,13}$	Коэффициент вскрыши по карьеру, $м^3/т$	1,0–6,0	–	5,7–16,0
$x_{8,13}$	Коэффициент структуры штата по карьеру, индекс	2,7–3,8	–	2,0–3,6
$x_{15,13}$	Водообильность руды, $м^3/т$	3,7–5,0	–	–

$$T^{Л,М}_{1,13} = 20,87 + \frac{19969,9}{x_{5,13}} - \frac{50,22}{x_{8,13}},$$

$$T^{Л,М}_{3,13} = 7,23 + \frac{22345,5}{x_{5,13}} - \frac{27,9}{x_{8,13}} - \frac{12,03}{x_{15,13}},$$

$$T^{Л,М}_{4,13} = 16,70 - 0,0064x_{5,13} - \frac{1,61}{x_{6,13}} - \frac{17,25}{x_{8,13}} - \frac{6,15}{x_{15,13}}.$$

$$T^{Ю}_{1,13} = -5,17 + \frac{6561,9}{x_{5,13}},$$

$$T^{IO}_{3,13} = 91,73 - 0,37x_{5,13},$$

$$T^{IO}_{4,13} = -0,51 + \frac{822,24}{x_{5,13}},$$

$$T^{C}_{1,13} = 27,44 - 0,19x^{2}_{6,13} - \frac{128,2}{x_{8,13}},$$

$$T^{C}_{3,13} = -50,20 + \frac{2209,70}{x_{5,13}} + 0,25x^{2}_{6,13} - \frac{123,6}{x_{8,13}},$$

$$T^{C}_{4,13} = -15,80 + \frac{4221,7}{x_{5,13}} + \frac{109,14}{x_{6,13}}.$$

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3

1. Общие положения по определению трудоёмкости . . 5

2. Качественный анализ факторов, влияющих на трудоёмкость добычи руды 8

3. Количественный анализ факторов, влияющих на трудоёмкость добычи руды 13
3.1. Система кодирования 14
3.2. Разработка экономико-математических моделей трудоёмкости по процессам на карьере . . 17
3.3. Расчёт экономико-математической модели трудоёмкости перевозки руды автотранспортом на примере Лебединского карьера КМА 23
3.4. Блок-схема алгоритма расчёта трудоёмкости на ЭВМ 32

4. Методика анализа трудоёмкости 35
4.1. Общий анализ 35
4.2. Методика оценки эффективности мероприятий по снижению трудоёмкости на карьерах. 41

Приложения 47

Ответственный за выпуск Ю.Ф.Докукин
Редактор Л.А.Порубай. Корректор Л.А.Порубай.
Художник В.И.Мартынов.

АЯ 04173. Подписано к печати 2 февраля 1976 года.
Объём 3,7 уч.-изд.л. Тираж 300 экз. Заказ № 63.
Ротапринт ВИОГЕМ, 308007, г.Белгород, ул.Б.Хмельницкого, 86. Цена 35 коп.

gost.e-ecolog.ru