

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский
технологический университет «МИСиС»**



ВОРОПАЕВА ЕЛИЗАВЕТА ВИКТОРОВНА

**ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ УГОЛЬНЫХ
ШАХТ**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Специальность 25.00.21 – «Теоретические основы проектирования
горнотехнических систем»

Научный руководитель: профессор, доктор технических наук
Агафонов Валерий Владимирович

Москва 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ШАХТНОГО ФОНДА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	8
1.1 Основные тенденции, характеризующие уровень технико-экономической эффективности угольных шахт РФ	8
1.2 Анализ практических и теоретических исследований в области реконструкции угольных шахт	31
1.3 Цель, идея и задачи исследований	47
ВЫВОДЫ.....	48
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПЕРЕУСТРОЙСТВО УГОЛЬНЫХ ШАХТ. НОВЫЕ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ В ПРОЕКТАХ РЕКОНСТРУКЦИИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ	49
2.1 Основные задачи и составляющие реконструкции технологических систем угольных шахт	49
2.2 Классификация факторов трансформации элементов и подсистем угледобычи.....	57
2.3 Анализ направлений совершенствования и модернизации горного хозяйства	61
ВЫВОДЫ.....	72
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫБОРА ОБЪЕКТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ И ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ.....	73
3.1 Выбор проектных вариантов реконструкции и их экономическая оценка	73

3.2 Технологическое обоснование реконструкции технологических систем угольных шахт на базе квалиметрической интегральной оценки георесурсного потенциала и основных уровней производства.....	80
3.3 Экономическое обоснование реконструкции технологических систем угольных шахт (определение предельных точек в развитии технологии шахты)	103
ВЫВОДЫ	126
ГЛАВА 4. АПРОБАЦИЯ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ	127
4.1 Краткая характеристика действующего положения технологической системы шахты имени В.Д. Ялевского	127
4.2 Обоснование проектных решений по реконструкции.....	132
4.3 Экономическая оценка результатов исследований	143
ВЫВОДЫ	159
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	160
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	163

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследований и степень ее проработанности

Одним из основополагающих направлений решения сложных проблем в угольной отрасли и повышения технологического уровня производства является реконструкция действующих угольных шахт. Основной причиной реконструкции технологических систем является наличие так называемых «узких» звеньев, которые уменьшают пропускную способность и сдерживают рост технико-экономической эффективности.

Реконструкция угледобывающих предприятий с подземным способом добычи представляет собой сложную систему работ и событий, увязанных во времени и пространстве. Эффективность труда больших коллективов проектировщиков и рабочих, использование различных ресурсов и времени в значительной степени зависит от того, насколько рационально и обоснованно выстроена с научно-методической точки зрения эта система и организовано управление ею. Можно с должной степенью объективности констатировать о достаточно значительной степени громоздкости и размерности задачи корректного формирования сценариев технико-технологического переустройства горного хозяйства угольных шахт в современных рыночных условиях недропользования, что подтверждается их практической реализацией.

Анализ предшествующего опыта разработки научно-методического обеспечения различных производственных программ и сценариев проведения реконструкции технологических систем угольных шахт показывает, что традиционные методы оптимизации проектных решений формируют недостаточно высокую степень достоверности и надежности обоснования и формирования единой стратегии развития шахт, что предопределяет актуальность проведения дополнительных исследований в этой области и необходимость обращения к методологическим подходам современного поколения.

Методы исследований включают системный анализ проектной деятельности, функционально-структурный анализ, методы теории принятия

сложных решений и квалиметрии, экономико-математическое моделирование, аналитические методы обработки статистических данных и др.

Целью диссертации является разработка методики обоснования необходимости реконструкции и очередности выделения инвестиций на обновление технологических систем угольных шахт.

Идея работы – основная идея работы заключается в том, что для обоснования реконструкции привлекается аппарат интегральной оценки георесурсного потенциала, технологической и экономической составляющей функциональных структур угольных шахт.

Задачи исследований:

- анализ основных тенденций, характеризующих уровень технико-экономической эффективности угольных шахт Российской Федерации;
- анализ целевых ориентиров, стратегических приоритетов и программы развития угольной отрасли Российской Федерации;
- анализ теоретических и практических исследований в области обоснования реконструкции технологических систем угольных шахт;
- анализ основных задач реконструкции и модернизации действующего шахтного фонда;
- выделение факторов, влияющих на переустройство угольных шахт и их классификация;
- анализ новых технико-технологических решений и направлений в проектах реконструкции угольных шахт;
- разработка методики и блок-схемы алгоритма процедуры обоснования реконструкции технологических систем угольных шахт;
- разработка практических рекомендаций по повышению технологического уровня и технико-экономической эффективности функциональной структуры шахты имени В.Д. Ялевского;
- экономическая оценка и верификация результатов исследования.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Направления развития технологических систем действующих угольных шахт предопределяются тенденциями полноты освоения георесурсного потенциала, уровнем развития научно-технического прогресса в отрасли и конкурентоспособностью рынка продукции на угольной основе.

2. Обоснование направлений повышения технологического уровня горного производства должно базироваться на комплексной оценке состояния действующего шахтного фонда с целью выявления «узких» звеньев в технологии угледобычи.

3. Экономический уровень функционирования горного производства определяется комплексной постановкой выявления предельных точек развития, после достижения которых резко уменьшается технико-экономическая эффективность, что однозначно приводит к необходимости реорганизации и модернизации технологических систем угольных шахт.

Научное значение работы заключается в разработке научно-методического обеспечения выбора и обоснования направлений совершенствования горного хозяйства угольных шахт с целью улучшения их технико-экономических показателей.

Практическое значение работы заключается в разработке практических рекомендаций по повышению технологического уровня и технико-экономической эффективности технологической системы шахты им. В.Д. Ялевского.

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

- на основе методов теории принятия сложных решений и квалиметрии разработана методика обоснования необходимости реконструкции, включающая алгоритмически определенные этапы и последовательность их реализации на базе наиболее адаптивного научно-методического обеспечения;
- предложена система критериев оценки георесурсного потенциала, технологической и экономической составляющей функциональных структур угольных шахт;

- установлены основные принципы периодичности проведения реконструкции технологических систем угольных шахт.

Достоверность научных результатов, выводов и рекомендаций подтверждаются представительным объемом разноплановой статистической информации, экспериментально-промышленной экспертизой разработанных проектных технико-технологических решений по реконструкции технологической системы шахты им. В.Д. Ялевского, использованием современных методов исследований и непротиворечивостью полученных практических результатов в сопоставлении с теоретическими данными.

Реализация результатов исследований. Основные научные результаты диссертации были использованы при проработке проектных технико-технологических решений по реконструкции технологической системы шахты им. В.Д. Ялевского. Отдельные аспекты работы задействованы в учебном процессе Горного института при НИТУ «МИСиС» в лекционном сопровождении направления 130404 «Горное дело».

Апробация работы. Основополагающие концептуальные результаты работы освещались в рамках научно-практического семинара кафедры «Геотехнологии освоения недр», (Москва, 2017), международных научно-практических конференций: «Потенциал современной науки» (Липецк, 2017), «Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения» (Липецк, 2017), международном научном симпозиуме «Неделя горняка» (Москва, 2015, 2016, 2017, 2018 гг.).

Публикации. Основные результаты исследований отражены в 12 научных трудах, из них 4 опубликованы в научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

Внутренняя структура и объем диссертации. Выполненная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, содержит 38 рисунков, 31 таблицу и список литературы из 77 источников.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ШАХТНОГО ФОНДА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

1.1 Основные тенденции, характеризующие уровень технико-экономической эффективности угольных шахт РФ

Стремительные изменения в мировой экономике влекут за собой смену технологических укладов, каждому из которых характерен свой вид энергии. Так в период 1785-1835 гг., для которого присуще развитие текстильной промышленности, основным источником энергии являлась вода. В промежуток с 1830-1990 гг., когда ускоренно развивался транспорт, происходила механизация производства во всех отраслях, основным видом топлива был уголь. В период 1880-1940 гг. наряду с углем активно использовалась нефть, при этом уголь использовался в металлургии и для производства электроэнергии, а нефть, в основном, служила в качестве моторного топлива. В 1930-1990 гг. начинает активно развиваться электроэнергетика, в которой свою доминирующую позицию уголь и нефть, как первичные источники энергии, делят с гидроэнергией, атомной энергией и природным газом. Для последнего этапа, 1985-2035 гг., когда свое распространение нашли микроэлектроника, информатика, биотехнология, геновая инженерия, основным видом энергии остается электрическая энергия, производство которой обеспечивается в основном за счет использования органических видов топлива, таких как уголь и природный газ.

Уголь остается вторым по востребованности энергетическим ресурсом в мире (после нефти). Его вклад в потребление первичной энергии достигает 30%. В 2016 году потребление угля в мире снизилось (приблизительно на 1%), нарушая восходящий тренд, наблюдавшийся с 2000 года. Оно произошло вследствие снижения спроса на энергетический уголь, в то время как спрос на коксующийся уголь, напротив, возрос (но на него приходится лишь 13% потребления угля в мире).

На рис.1.1 представлена структура потребления первичной энергии по видам топлива в мире на 2010 и 2040 гг.

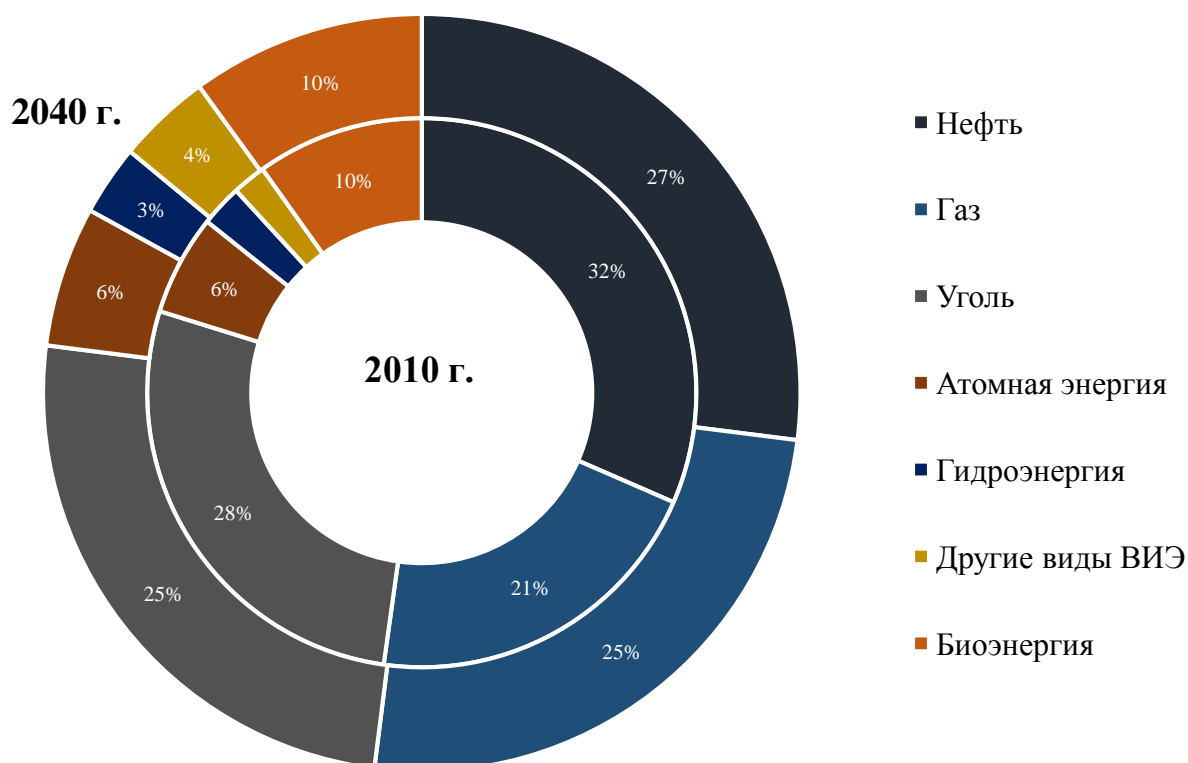


Рис.1.1 – Структура потребления первичной энергии по видам топлива в мире на 2010 и 2040 гг.

Основной вклад в отрицательную динамику роста мирового спроса на уголь внес Китай, который обеспечил 49 % его потребления. На сокращение спроса на уголь в Китае влияет ряд факторов: замедление темпов экономического роста страны, структурная перестройка экономики и снижение ее энергоемкости, диверсификация энергетического баланса и развитие климатической политики. В 2016 году Индия, активно наращивающая угольную генерацию, превзошла по объемам потребления угля США, выйдя на второе место в мире, рис.1.2. В США перспективы спроса на уголь ограничены сланцевой революцией и усилением климатической политики.

Россия в 2016 году сохранила пятое место в мире по потреблению угля (с долей 2,5%) [1].

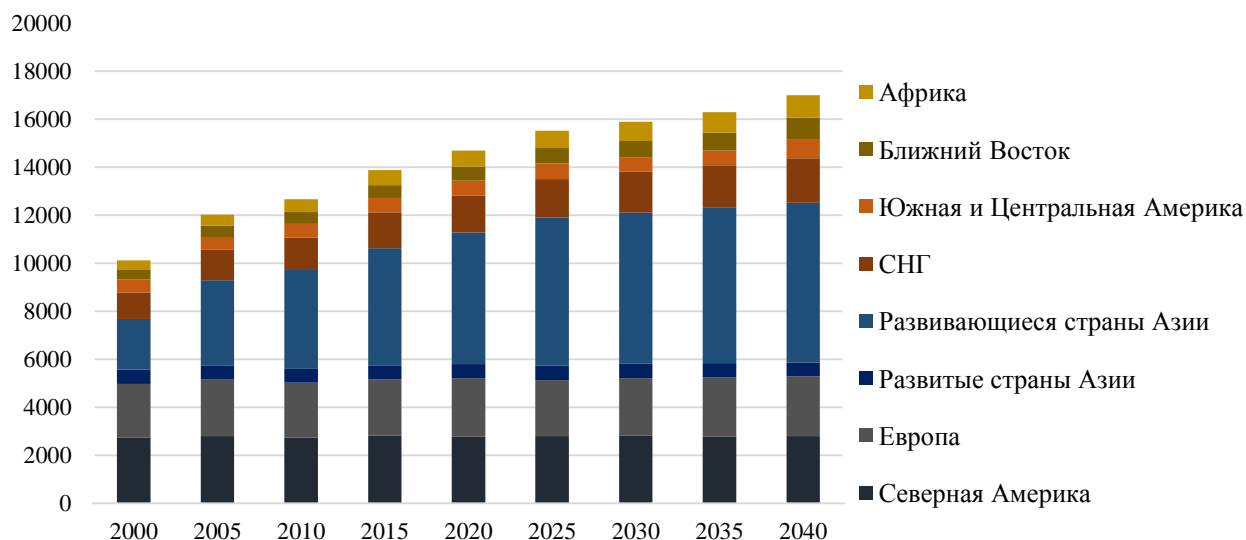


Рис.1.2 – Потребление первичной энергии по регионам мира

Уголь в течении долгих лет остается одним из стратегических источников энергии в мире, на него приходится более половины общего роста энергопотребления в период с 2007-2030гг.

Превалирующее место среди используемых в производстве электроэнергии первичных ресурсов занимает уголь, его доля в производстве составляет 40,2%. В таких странах, как США, Индия, Австралия, КНР, Южной Корее и Тайване доля угольной генерации превышает среднемировую, рис.1.3.

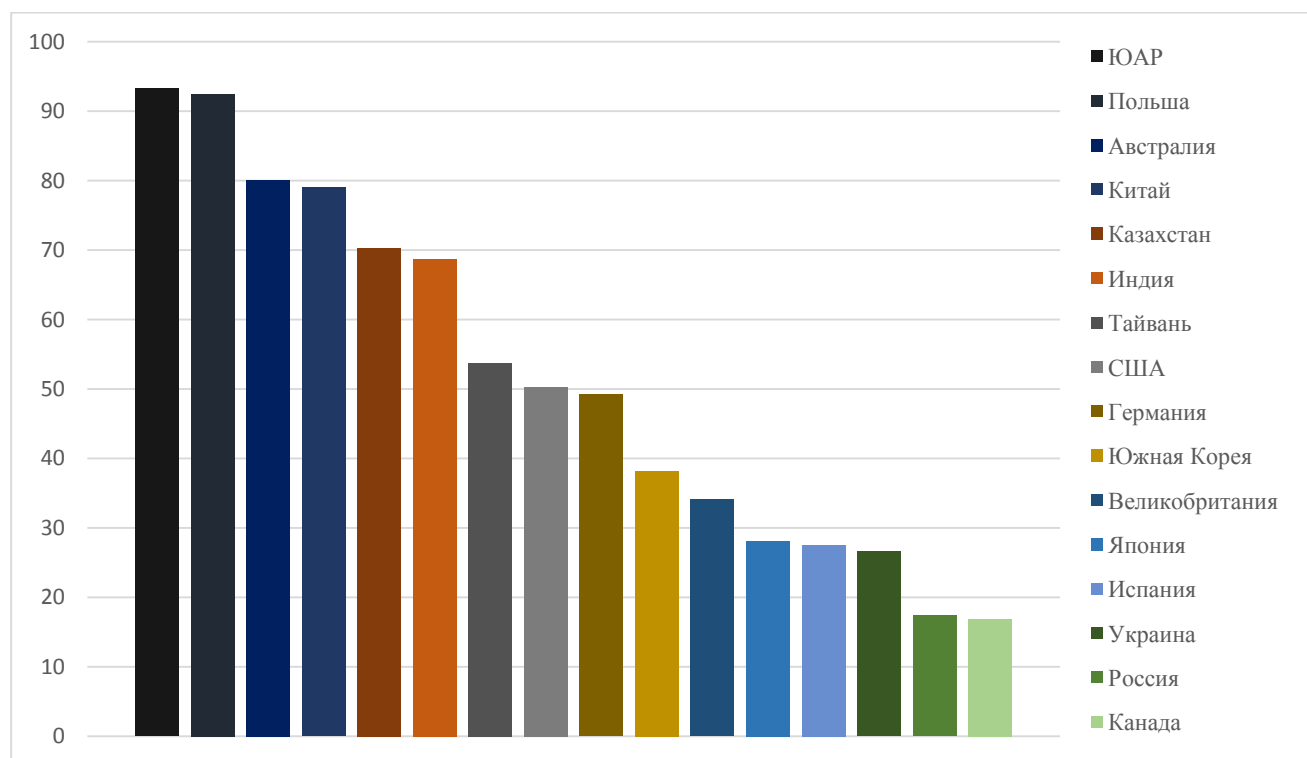


Рис. 1.3 – Удельный вес угля в структуре выработки электроэнергии в мире

Энергетические ресурсы и топливно-энергетический комплекс – это базис развития экономики России. Для обеспечения динамичного развития и укрепления положения Российской Федерации на геополитическом поле, нужен соответствующий современным стандартам, экономически эффективный, экологически безопасный топливно-энергетический комплекс (ТЭК).

Горнодобывающая промышленность – одна из основных составляющих ТЭК нашей страны. Россия занимает 6-е место по объему производимого энергетического угля (больше угля добывается только в Австралии, Индонезии, Индии, США и Китае) и второе место по запасам угля в мире (первое – США), которых при существующем уровне добыче хватит на 600 лет, рис.1.4.

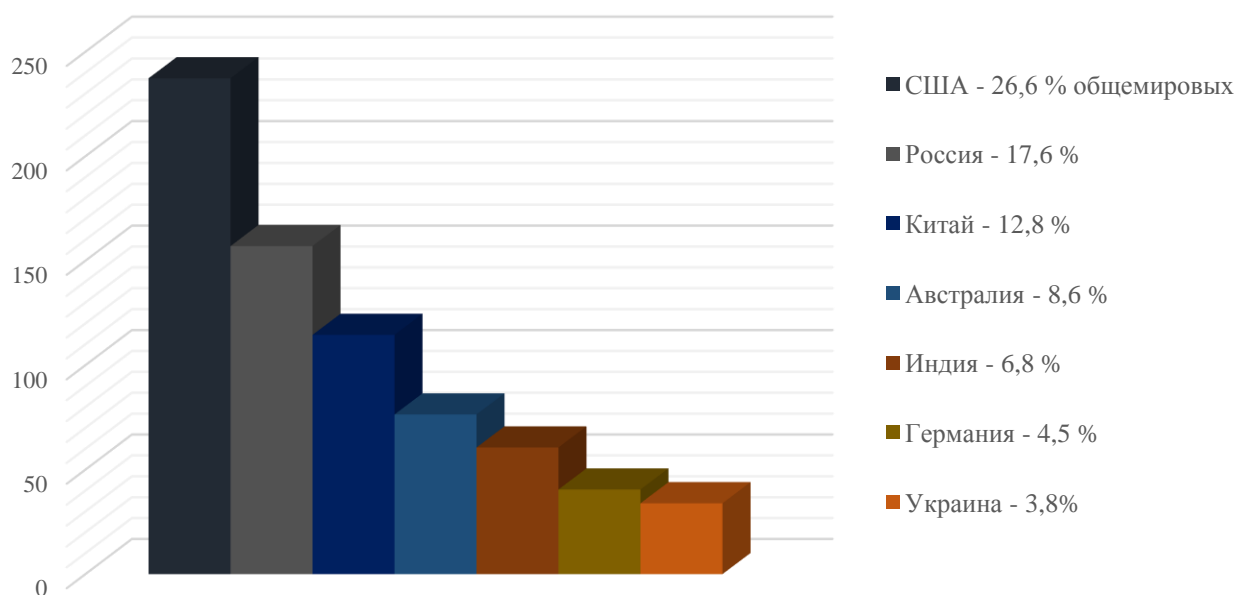


Рис.1.4 – Запасы угля в странах-лидерах

Все разведанные запасы угля, находящиеся в недрах России, составляют 193,3 млрд. тонн, из них на долю бурых углей приходится около 52,3% (101,2 млрд. тонн), 44,13% приходится на долю каменного угля (85,3 млрд. тонн, в том числе 39,8 млрд. тонн коксующегося) и 3,5% - антрациты (6,8 млрд. тонн).

На территории России расположено 22 угольных бассейна и 129 отдельных месторождений. Распределение запасов угля по территории страны неравномерно. Свыше 2/3 разведанных запасов сосредоточены в пределах двух угольных бассейнов — Канско-Ачинского бурогоугольного бассейна

(Красноярский край, Кемеровская область) и Кузнецкого каменноугольного бассейна (Кемеровская область), рис.1.5.

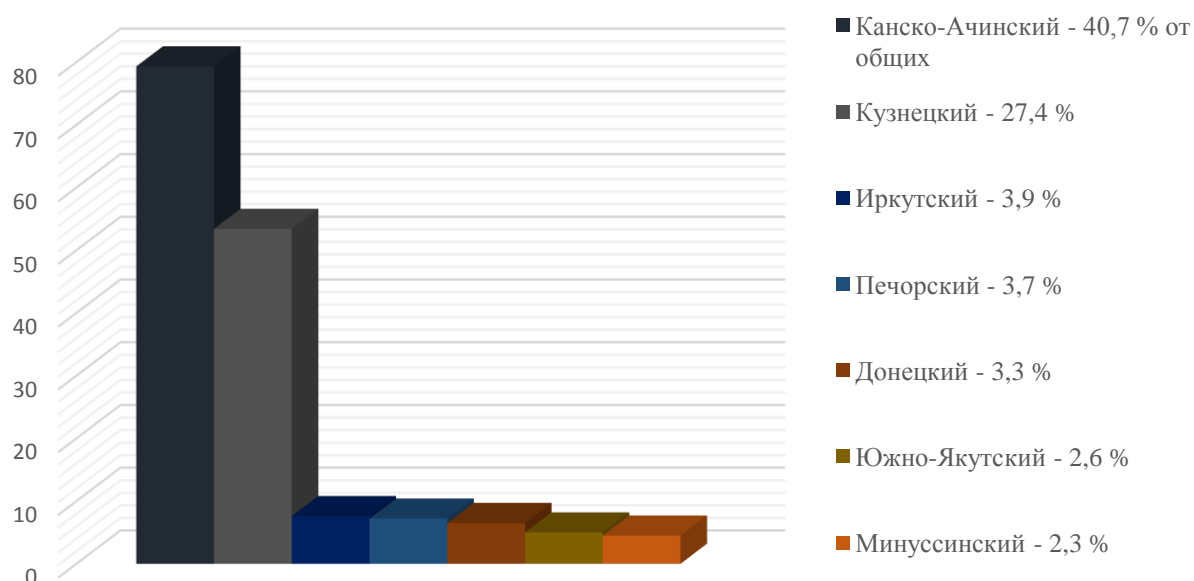


Рис. 1.5 – Разведанные запасы угля в России по основным бассейнам

В 2016 году добыча угля в России увеличилась на 4% — до 382,4 млн. тонн. Добыча угля подземным способом в 2015 году составила 103,6 млн. тонн угля (на 2% меньше, чем в 2014 году), открытым способом добыто 269,7 млн. тонн (на 6% выше уровня 2014 года).

Практически 100 % угледобывающих предприятий Российской Федерации имеют частную форму собственности. Добыча угля в России ведется в 7 федеральных округах и 25 субъектах Федерации. Ее осуществляют 192 угольных предприятия, в том числе 71 шахта и 121 разрез совокупной производственной мощностью 408 млн т. Добыча угля в России сосредоточена в Сибирском Федеральном Округе, на который в 2015 году пришлось 84% общероссийской добычи. Здесь расположены крупнейшие добывающие субъекты Российской Федерации: Кемеровская область (вклад в общероссийский показатель — 58 %), Красноярский край (11 %) и Забайкальский край (5%). На Дальнем Востоке основная добыча ведется в Якутии (4%), а на Северо-Западе — в Республике Коми (4%). В горнодобывающей отрасли задействовано порядка 150 тыс. человек.

На настоящий момент в России можно выделить 10 ведущих компаний по

производству угля, на долю которых приходится около 75% добычи всего добываемого угля в РФ. К таким компаниям относятся: ОАО «УК «Кузбассразрезуголь», «ЕВРАЗ», ОАО «Русский уголь», ОАО «Воркутауголь» (Северсталь ресурс), ОАО «Мечел-Майнинг», АО «СУЭК», ООО «Компания «ВостСибуголь» (En+Group), ПАО «Кузбасская Топливная компания», ООО «Холдинг Сибуглемет», ОАО ХК «СДС-Уголь». На рис. 1.6 представлена добыча угля в крупнейших угольных компаниях РФ в 2015 году.

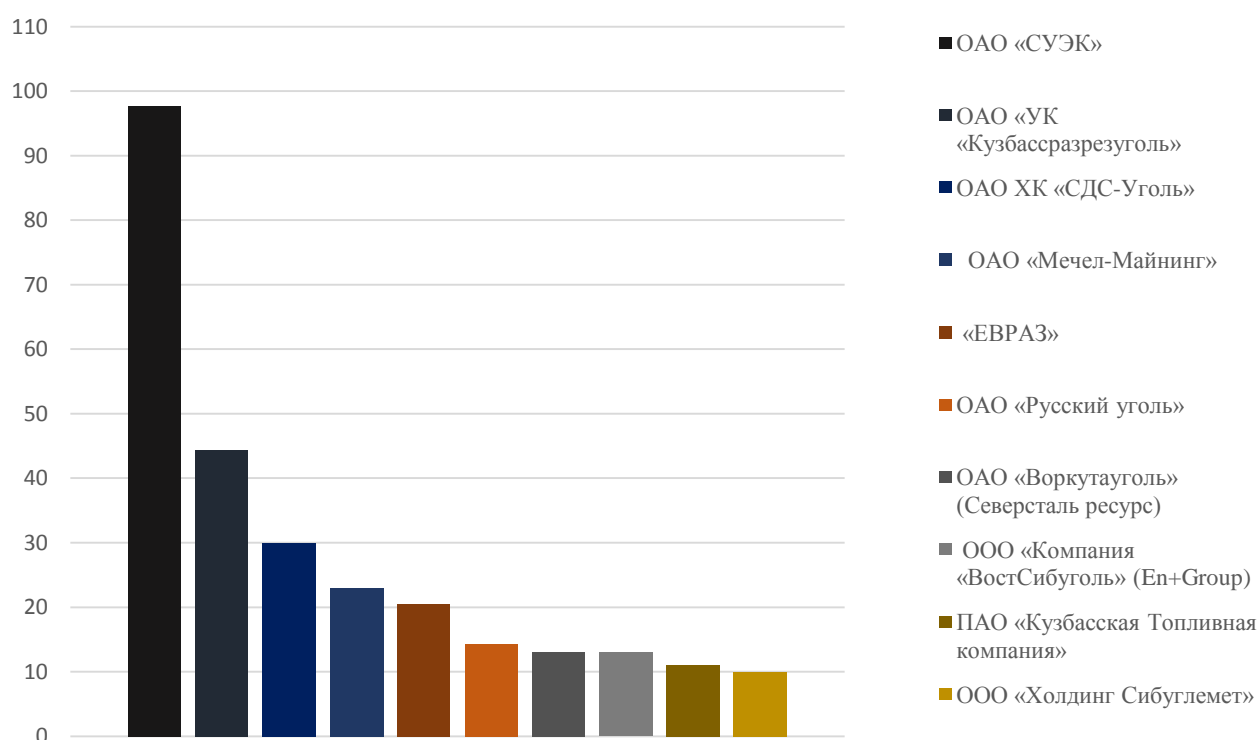


Рис.1.6 – Добыча угля в России крупнейшими компаниями, млн. тонн

Одной из актуальных задач экономики России в настоящее время является повышение эффективности функционирования топливно-энергетического комплекса страны, в котором горнодобывающая промышленность – одна из ведущих отраслей производства. Десятилетняя тенденция снижения добычи угля инициировала структурную перестройку всей угольной промышленности страны, после которой горнодобывающая промышленность стала конкурентоспособной и социально защищенной. Учитывая вышеизложенное с точки зрения обобщений, можно сформировать следующие сложившиеся тенденции и закономерности современного этапа функционирования шахтного фонда Российской Федерации:

- результатом реструктуризации является рост производительности труда рабочего по добыче, который обусловлен применением высокопроизводительной техники и современных технологий ведения горных работ;

- уменьшение количества действующих забоев, в результате сокращения действующих шахт, и переориентирование угледобывающих предприятий на высокопроизводительное оборудование привело к увеличению среднесуточной нагрузки на очистной забой;

- рост себестоимости 1 тонны угля, который обусловлен совокупностью факторов, таких как: сложные горно-геологические условия разработки, инфляционный процесс, увеличение непроизводительных затрат;

- наличие такого аспекта, как полное отсутствие в достаточных объемах геологоразведочных работ, предоставляющих информацию о физико-механических свойствах вмещающих пород и качественной характеристике различных категорий угольных запасов, сформировал тенденцию ограничения в ближайшей перспективе возможности наращивания угледобычи;

- тенденция выборочной отработки участков с благоприятными горно-геологическими условиями, что в дальнейшем приведет к ухудшению экономических показателей производственной деятельности угледобывающих предприятий России;

- отчетливо прослеживается тенденция усложнения горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации, что напрямую связано с увеличением глубины ведения горных работ, повышением газообильности и температуры вмещающих пород, ухудшением геомеханической обстановки;

- в силу приоритетной добычи нефти и газа, и эта тенденция сохранится в ближайшем будущем, наращивание темпов угледобычи не ожидается, хотя производственные мощности шахтного фонда позволяют реализовать прирост добычи до 150 млн. тонн в год;

- ввиду практически полного отсутствия собственной машиностроительной базы по производству горнодобывающего оборудования

угольные предприятия оснащаются и далее будут оснащаться техникой корпораций Джой, ДБТ, Пиома, Фазос, Глиник и др.;

- наличие крупных техногенных катастроф на отдельных предприятиях угольной отрасли указывает на тенденцию снижения уровня промышленной безопасности, ухудшение комфортных и безопасных условий труда;

- в последнее время наметилась явная тенденция трансформации и перевоплощения отдельных производственных единиц в многофункциональные шахтосистемы с полным циклом добычи, переработки и сбыта продукции на углеродной основе с использованием последних достижений в области экологически чистых технологий [2, 3]. Переработка ископаемого угля позволяет получать ценные вторичные продукты топливного и химического назначения. Уголь обеспечивает плавный переход от ископаемого органического сырья к новым источникам энергии, более экологически безопасным. По мнению экспертов, развитие глубокой переработки ископаемых углей позволит выйти за пределы рынка энергетического угля. В настоящее время 25% аммиака, 20% метанола и 33% поливинилхлорида производятся из угля, также из него получают метанол, бензол, смолы и сорбенты.

Целевые ориентиры, стратегические приоритеты и программы развития угольной отрасли

Структурная политика в этой области осуществляется с реализацией мер, соответствующих функциональным стратегическим основополагающим документам. Основной перечень базовых ориентиров развития сырьевой базы угольной промышленности, результат, который должен быть достигнут по итогам реализации предусмотренного комплекса структурных мер, а также стратегия развития содержится в «Долгосрочной программе развития угольной промышленности России на период до 2030 года» [4].

Данная программа выделяет следующие стратегические цели развития угольной отрасли до 2030 года:

- покрытие потребностей внутреннего и внешнего рынка на высококачественную угольную продукцию и конечные продукты, получаемые в результате ее переработки;

- обеспечение должной конкурентоспособности угольного сегмента экономики в условиях переизбытка угольной продукции на внутреннем и внешних рынках альтернативными видами энергоресурсов;

- повышение эффективности и безопасности ведения горных работ и снижение негативных последствий их влияния на экологическую составляющую.

Для достижения обозначенных целей необходимо решение следующих задач:

- полное завершение ликвидационных работ по закрытию убыточного и неперспективного шахтного фонда;

- реализация стратегии устойчивого развития воспроизводства различных категорий запасов, формирующих минерально-сырьевую базу угольной отрасли;

- оптимизация структуры и пространственного размещения производственной инфраструктуры добычи и обогащения угля, формирующей оптимальные условия для эффективного, экономичного и безопасного извлечения угольных запасов;

- повышение процесса интенсификации развития сопутствующей транспортно-логистической и портово-терминальной инфраструктуры для перемещения угольной продукции с соответствующими экономическими издержками, которые формируют наиболее экономичную диверсификацию стратегических направлений их перевозки;

- повышение уровня участия государства в реализации крупных инфраструктурных проектов угольной отрасли с развитием процессов стабильного управления, обеспечивающих реализацию стратегии конкурентоспособного развития угольной отрасли на данном этапе недропользования;

- повышение экономичности, безопасности и эффективности угледобычи, обогащения и переработки угольной продукции на основе инновационных технико-технологических решений и передовых форм организационно-управленческих решений;

- повышение уровня масштабности переработки угольной продукции на основе экологически чистых технологий (углехимия, газификация, гидрогенизация и др.), позволяющих сформировать цепочку высокой добавленной стоимости;

- повышение уровня комплексного освоения месторождений в плане добычи сопутствующих ресурсов, включая шахтный метан, утилизацию низкопотенциального тепла шахтных вод и использование технологического подземного пространства для захоронения различных отходов производства;

- обеспечение производственных процессов угледобывающих предприятий квалифицированными специалистами.

Для реализации данных пунктов намечены следующие мероприятия:

- предоставление льготных условий и преференций в области геологического изучения и разведки угольных месторождений отдельным недропользователям, которые получили лицензию на геологический участок недр с очень низким уровнем степени детализации геологической изученности (пересмотр сроков выплаты первичного платежа, связанного с использованием недрами на более поздний срок и снижение его размера);

- в целях ускорения роста конкурентоспособности угольной отрасли долевое финансирование крупномасштабных региональных программ и проектов по формированию транспортно-логистической инфраструктуры, обеспечивающей устойчивое и стабильное развитие российского рынка конечной угольной продукции, реализация новых аспектов формирования технических стандартов на отдельные виды угольной продукции в целях повышения стимулирования масштаба потребления данной продукции в рамках внутреннего рынка тепло- и электроэнергетики;

- формирование новых центров добычи угля на территории Западной

Сибири и Дальнего Востока с одновременной модернизацией существующих мощностей по добыче и переработке угольной продукции с реализацией новых форм налогового обложения и предоставления кредитов на развитие производства;

- увеличение объемов финансирования НИР в области совершенствования процедуры обоснования проектных технико-технологических решений подземной и открытой угледобычи, научно-методического обеспечения решения сопутствующих задач горного производства;

- увеличения объемов финансирования внедрения ГИС и ГГИС и их интеграцию в процесс информационно-аналитического обеспечения деятельности структурных подразделений угольной отрасли и совершенствование отраслевых информационных систем;

- создание системы аудита и мониторинга процесса реализации заявленной Программы на базе индикативного планирования;

- привлечение различных форм ГЧП при реализации комплекса мероприятий стратегии Программы.

В плане реализации данная Стратегия предусматривает три этапа: 1-й – до 2013-2015 г. (выявление «узких мест» в шахтном фонде), 2-ой – до 2020-2022 г. (создание высокоэффективного и высокопроизводительного шахтного фонда) и 3-й – до 2030 г. (создание многофункциональных шахтосистем, обеспечивающих добычу и переработку сырья на углеродной основе в местах добычи и дислокации).

Следует отметить, что к 2030 году произойдёт стопроцентное обновление функциональной структуры производственных мощностей отрасли, причем восполнение новых мощностей составит 505 млн. тонн, выбытие производственных мощностей — 380 млн. тонн. В шахтном фонде останется 64 шахты и 82 разреза останется в карьерном фонде.

Произойдет территориальное перераспределение угледобычи - новыми центрами станут: Якутия (Эльгинское месторождение), Тува (Элегестское и

Межэгейское месторождения), Забайкальский край (Апсатское месторождение) и др., в пределах которых будут созданы соответствующие инфраструктуры.

В общей сложности из требуемых 2,6 трлн.руб. на реализацию Стратегии – 2030 из государственного бюджета планируется выделить 258 млрд.руб., недостающие средства будут изыскиваться в других областях.

В таблицах 1.1 – 1.3 и рисунках 1.7 – 1.11 представлены основополагающие пункты воплощения данной Стратегии в жизнь на основе предложенной «Долгосрочной программы развития угольной промышленности» в окончательной постановке, которая отражает основные проблемы и сценарии ее развития [5].

Процесс реализации «Энергетической стратегии.....» базируется на следующих предпосылках:

- в основном реализована процедура реструктуризации угольной отрасли, превратившая ее из частично убыточной в эффективно функционирующую;
- завершен процесс ликвидации убыточных и нерентабельных угледобывающих предприятий, осуществляется стадия строительства новых, что предопределяет появление тенденции снижения эксплуатационных издержек горного производства, роста прибыли и производительности труда, понижения уровня безопасности и травматизма;
- практически все предприятия угольной отрасли перешли в частную собственность, что предопределило развитие отрасли за счет собственных инвестиций и привлечения заемных ресурсов, что в процентном отношении составило порядка 30%;
- длительный перерыв ввода новых мощностей прекратился и возобновился практически по всей территории (за последние 5 лет более 80 млн. тонн, мощности по обогащению - 40 млн. тонн).

На настоящее время прослеживаются следующие основные тенденции:

- резко снизился и пришел к логическому завершению потенциал развития угледобычи на Урале и в европейской части страны;
- замедлились темпы освоения новых месторождений, что связано с

нехваткой инвестиций;

- увеличение эксплуатационных издержек и логистического плеча транспортировки угля.

Основные проблемы, обусловившие появление этих тенденций следующие:

- продолжается процесс сокращения внутреннего спроса на различные марки энергетического угля;

- сильная зависимость рентабельности угольных предприятий от величины экспортной составляющей;

- преувеличенная доля затрат в себестоимости на транспортную составляющую до конечного потребителя;

- высокий износ основных производственных фондов, недостаточность средств на техническое переоснащение и модернизацию производства;

- определенная степень отличия качества угольной продукции по отношению к мировым показателям;

- практически полное отсутствие российского горнодобывающего машиностроения, сильная зависимость от импортной составляющей со всеми вытекающими негативными последствиями;

- сохранение низкого уровня заработной платы и фондов материального стимулирования, высокого уровня травматизма и смертности в отрасли и общего фона экологического неблагополучия;

- низкий уровень горного образования и нарастающий дефицит в связи с этим квалифицированной прослойки трудовых кадров.

Пространственное развитие угледобычи предусматривается в основополагающих бассейнах – Канско-Ачинском и Кузнецком, а также в промышленный оборот намечается вовлечь Ургальское, Эльгинское, Элегестское и Апсатское месторождения. В стадии подтверждения экономической целесообразности находятся Сейдинское (Республика Коми) и Сосьвинское (Ханты-Мансийский автономный округ) месторождения и площадь Беринговского угольного бассейна (Чукотка) [6-14].

Развитие экспортного потенциала предусматривает строительство следующей портово-терминальной инфраструктуры (Ванино, Восточный, Мурманский глубоководный порт, Усть-Луг).

Система экономического регулирования в плане совершенствования предусматривает реализацию следующих пунктов:

- плавный переход к реализации системы налогообложения в угольной отрасли с учетом и на базисной основе рентного подхода;

- рационализацию структуры налоговой нагрузки при функционировании угледобывающих предприятий;

- ликвидация таможенных пошлин на машины и оборудование для угольной отрасли, отличающихся высоким уровнем технического совершенства;

- широкое внедрение различных механизмов ГЧП, которые основаны на субсидировании части процентных ставок по кредитам российских финансовых институтов, для повышения степени стимулирования обновления основных фондов угледобывающих предприятий, реализации инновационной составляющей проектов в угольной отрасли (привлечение «экологически чистых угольных технологий», угольного топлива на стандартизированной основе, углегазоэлектрических и химических производств, добычи сопутствующего шахтного метана), дальнейшего развития логистической инфраструктуры;

- регулирование железнодорожных тарифов на перевозки на внутреннем и внешнем рынках, с учетом зависимости от сложившейся рыночной ценовой конъюнктуры и стоимости перевозок угля по морскому пути;

- дальнейшее развитие комплексной системы контрактов (прямых и долгосрочных), имеющих под собой основу льготного тарифообразования на заявленные перевозки энергетического угля высшего качества для удовлетворения нужд российских тепловых электростанций;

- введение обязательных пунктов процедуры формирования ликвидационного фонда для угледобывающих предприятий;

- развитие торговли продукцией на угольной и биржевой основе.

Совершенствование институциональной составляющей структуры угольной отрасли и основ корпоративного управления включает следующие составляющие:

- формирование в качестве базовой лизинговой компании, которая обеспечивает оснащение угольных предприятий высокотехнологичным горношахтным, горнотранспортным и обогатительным оборудованием;
- повышение уровня «прозрачности бизнеса в угольной сфере», включая внедрение и учет международных стандартов в области финансовой отчетности;
- дальнейшее развитие аутсорсинга, включая создание компаний специализированного назначения, выполняющих комплекс НИР, ОКР и проектно-конструкторских работ с доведением доли аутсорсинга в эксплуатационных издержках на добычу 1 тонны угля до уровня 30-35 процентов.

Техническое регулирование функциональных структур в угольной отрасли предусматривает [15]:

- повышение уровня нормативной составляющей обеспечения должного уровня безопасности и охраны труда на угледобывающих предприятиях, с включением в разработку новых редакций комплекса нормативных документов в области обеспечения должного уровня безопасности применяемого горношахтного оборудования, а также защитных систем и средств индивидуальной защиты, используемых во взрывоопасной среде;
- проведение регулярного технического аудита состояния функциональных структур и промышленно-производственных фондов угледобывающих предприятий;
- внедрение вновь разработанных и дополненных технических регламентов в плане повышения требований к качественному составу топлива на угольной основе, в том числе пунктов разработки качественных стандартов по составным частям фазы потребления угля, обязательную сертификацию

угольной продукции с учетом международных стандартов качества.

В соответствии с мировыми стандартами предусматривается осуществить в последовательном порядке приведение обязательных нормативных требований к предприятиям угольной отрасли в сфере экологии и охраны окружающей среды. Также в планы входит реализация мероприятий по повышению уровня социальной защищенности работающих и качественного баланса трудовых отношений, с обязательной разработкой социальных стандартов, формирование единой системы обязательного страхования работающих на угольных предприятиях, а также усовершенствование информационно-аналитической базы обеспечения горных работ в угольной промышленности, которое также позволяет осуществлять регулярный комплексный мониторинг ситуации, сложившейся в отрасли.

На первоначальном этапе реализации данной Стратегии в угольной отрасли предусматривается:

- реализация комплекса стратегических мер по стабилизации и улучшению общей ситуации в отрасли при учете снижения объемов угледобычи;
- полное завершение процесса и мероприятий по окончательной фазе реструктуризации угольной отрасли;
- модернизация, техническое перевооружение, диверсификация и интенсификация различных производственных процессов угольного производства;
- значительное увеличение объемов обогащения горной массы для улучшения ее качественных характеристик;
- снижение аварийности, смертности и травматизма при функционировании угледобывающих предприятий;
- развитие экспортной составляющей отрасли.

Второй этап реализации связан с формированием новых центров угледобычи на территории новых угольных месторождений Дальнего Востока и Западной Сибири с благоприятными и технологичными горно-

геологическими условиями, переоснащение угледобывающих предприятий импортными высокопроизводительными техническими средствами и угольными технологиями, которые отвечают общемировым экологическим нормам и стандартам, полное устранение системных ограничений логистической составляющей внутреннего и внешнего рынков, развитие аутсорсинга, достижение максимального уровня переработки угля с созданием цепочки добавленной стоимости, учетом требований конъюнктуры рынка угля, реализацией «пионерных» проектов, выполненных на базе инновационных технологий в области «глубокой» переработки угля и извлечения сопутствующих георесурсов.

Реализация третьего этапа данной Стратегии связана с процедурой кардинального повышения производительности труда с учетом общемировых стандартов в области промышленной безопасности и охраны труда, экологической и промышленной безопасности при добыче и обогащении угля, получения в промышленных масштабах продуктов глубокой переработки угля и сопутствующих георесурсов.

Таблица 1.1 – Прогнозные составляющие поэтапного развития угольной отрасли на период до 2030 г. (млн.тонн)

	2005 г. (факт)	1-й этап	2-й этап	3-й этап
Общий объем добыча угля, в т.ч. коксующихся марок	299.0 70.0	361.0-364.0 88.0-101.0	435.0-455.0 100.0-129.0	530.0-565.0 102.0-132.0
Донецкий бассейн	8.0	7.0-11.0	8.0-13.0	8.0-13.0
Уральский бассейн	5.0	3.0-4.0	4.0-8.0	13.0-15.0
Печорский бассейн	13.0	13.0-17.0	13.0-17.0	22.0-24.0
Кузнецкий бассейн	165.0	190.0-196.0	211.0-205.0	232.0-230.0
Канско-Ачинский бассейн	37.0	44.0-45.0	65.0	108.0-115.0
Восточносибирские месторождения	37.0	51.0-52.0	68.0-73.0	70.0-75.0
Дальневосточные месторождения	32.0	42.0-43.0	60.0-64.0	70.0-80.0

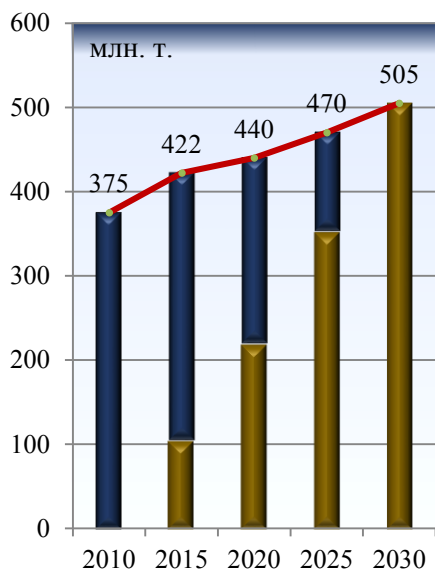
Таблица 1.2 – Прогнозные составляющие объемов капитальных вложений на период до 2030 г. (млрд. \$ в ценах 2005 года.)

	2006-2010 гг.	2011- 2015 гг.	2016- 2020 гг.	2021-2025 гг.	2026- 2030 гг.	Всего 2006- 2030 гг.
Объем капитальных вложений, всего	9.0	14.0	17.0-18.0	23.0-25.0	29.0-32.0	89.0-94.0

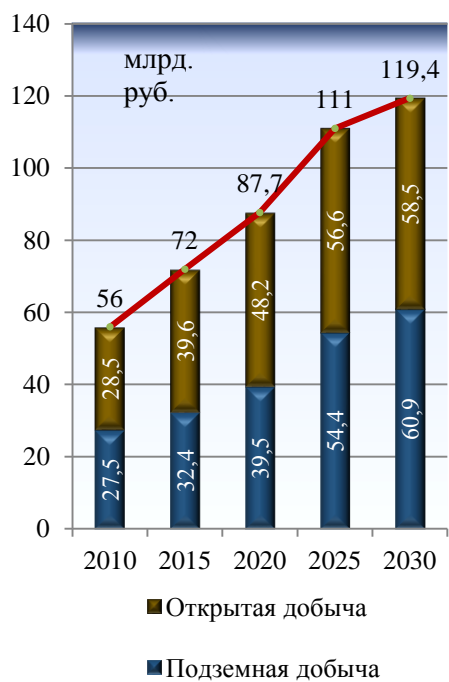
Таблица 1.3 – Целевые индикаторы стратегии развития до 2030 года

Целевые индикаторы/основные направления	1-й этап	2-й этап	3-й этап
Объемы добычи угля			
Темпы роста по отношению к 2005 году, %	17.0-18.0	45.0-52.0	77.0-89.0
Технологические структуры отработки запасов (подземный/открытый)	40.0/60.0	40.0/60.0	40.0/60.0
Ввод новых предприятий, %	10.0-12.0	30.0-31.0	43.0-45.0
Логистическая составляющая			
Увеличение пропускной способности железных магистралей для перевозок угольной продукции, % к уровню 2005 года	125.0	150.0	200.0
Увеличение пропускной способности угольных терминалов, % к уровню 2005 года	125.0	175.0	200.0
Обогащение и переработка			
Доля обогащения горной массы	35.0-40.0	55.0-60.0	65.0-70.0
Доля новых предприятий по обогащению, %	25.0-30.0	50.0-60.0	55.0-65.0
Топливный эквивалент угольной продукции	0,65	0,70	0,75
Инновационные составляющие развития угольной отрасли			
- подземная добыча («шахта-лава»)	45.0-50.0	60.0-70.0	80.0-90.0
- открытая добыча (поточная и поточно-циклическая)	30.0-35.0	40.0-50.0	60.0-70.0
Результирующие индикаторы			
Темпы роста нагрузки на очистной забой, % к уровню 2005 года	135.0-140.0	200.0-250.0	400.0-450.0
Доля аутсорсинга в эксплуатационных издержках на добычу 1 тонны угля, %	10.0	15.0	35.0
Прирост добычи на одного трудящегося, %	150.0	250.0-260.0	375.0-420.0

Обновление производственного потенциала



Инвестиции в основной капитал угледобывающих компаний



Изменение региональной структуры добычи угля

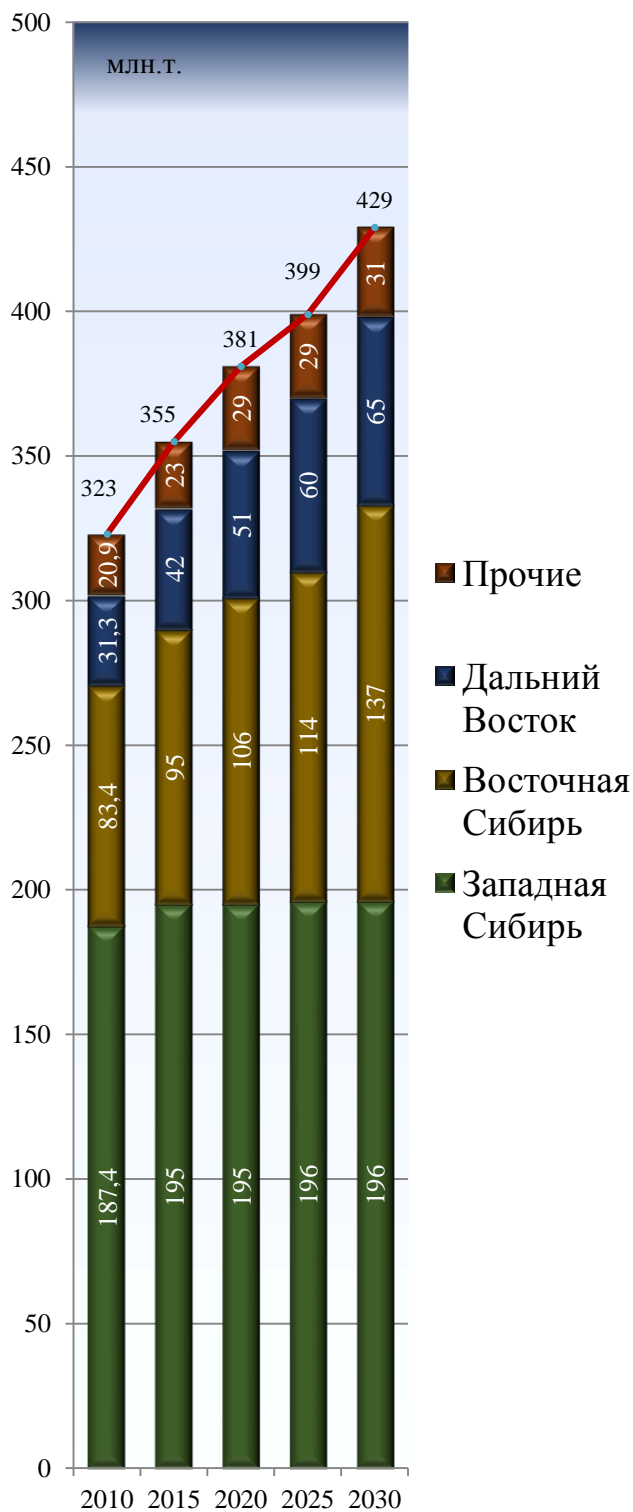


Рис.1.7 – Внутритраслевые проблемы угольной промышленности

**Ввод-выбытие мощностей
(за предшествующее пятилетие)**

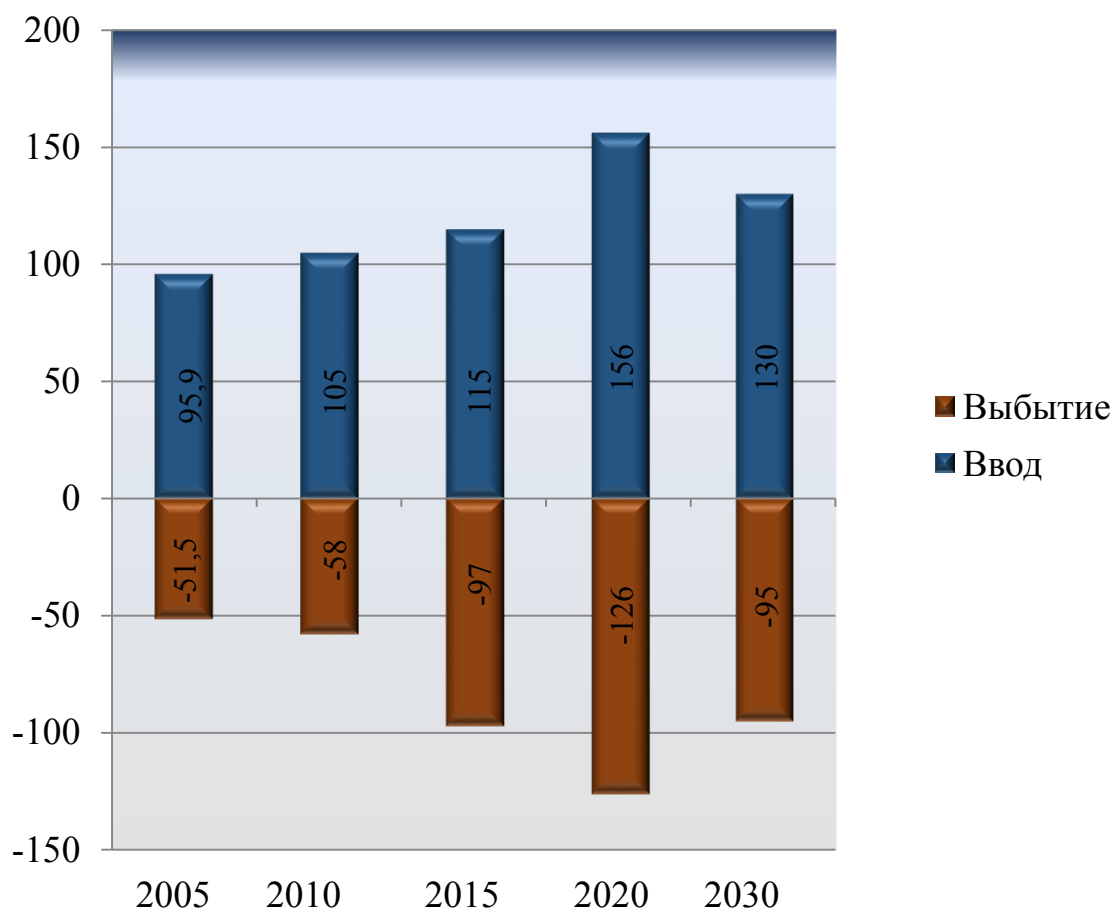
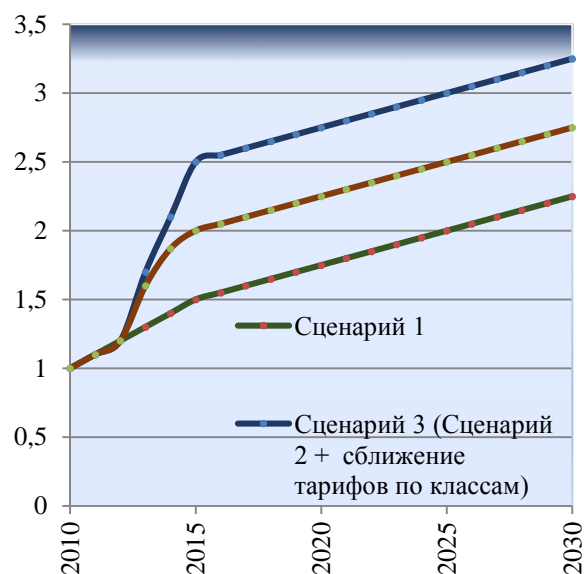
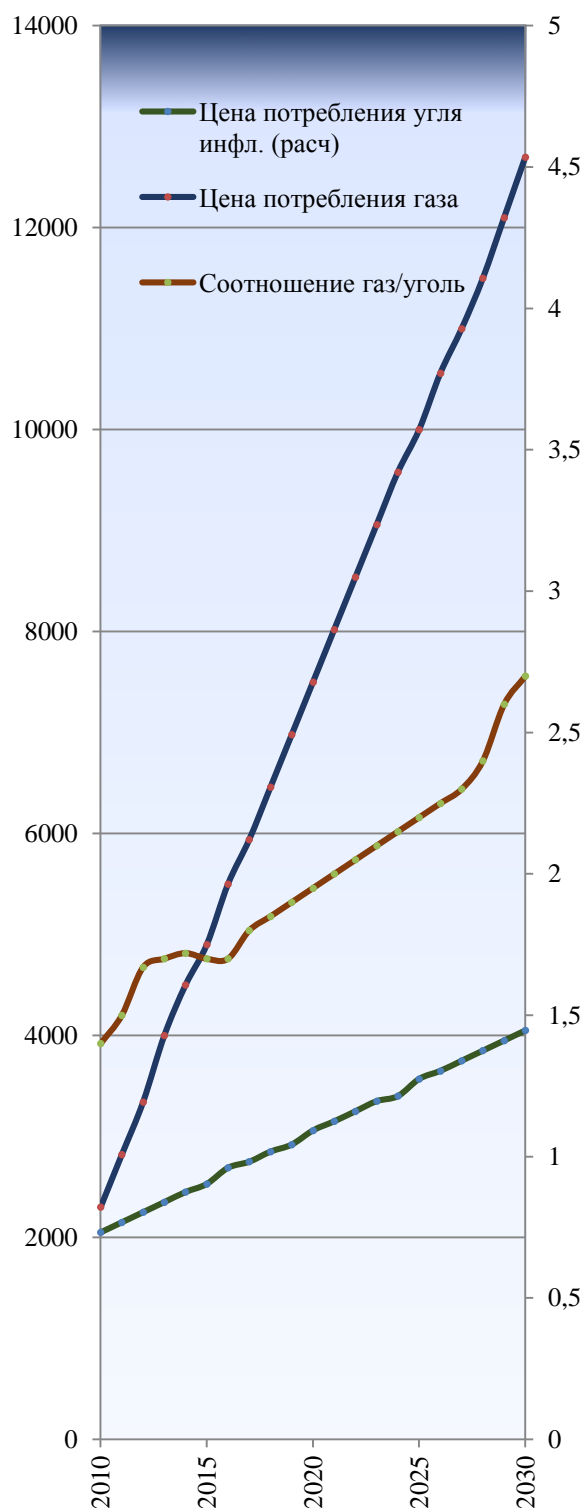


Рис.1.8 – Основные составляющие сценария развития угольной отрасли

Рост железнодорожных тарифов



Соотношение цен потребления энергетических углей и природного газа



Цена на энергетический уголь с учетом индексации тарифов на перевозку

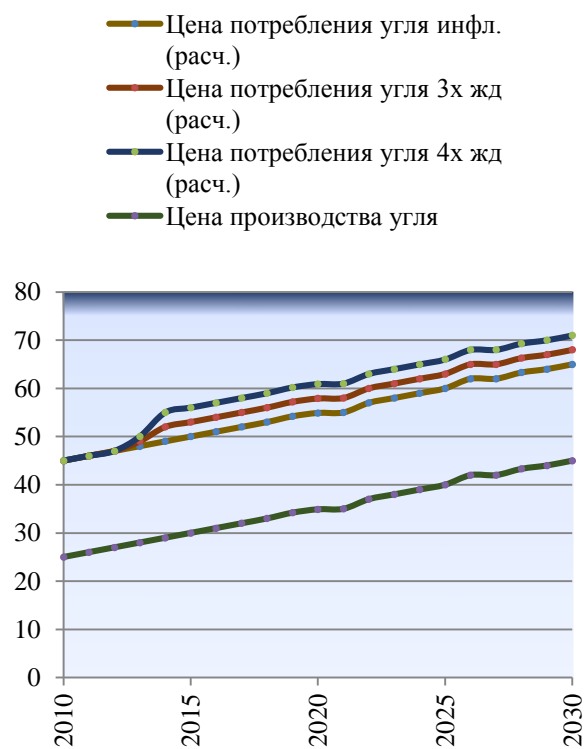


Рис.1.9 – Сценарные варианты формирования структуры внутреннего рынка потребления угля

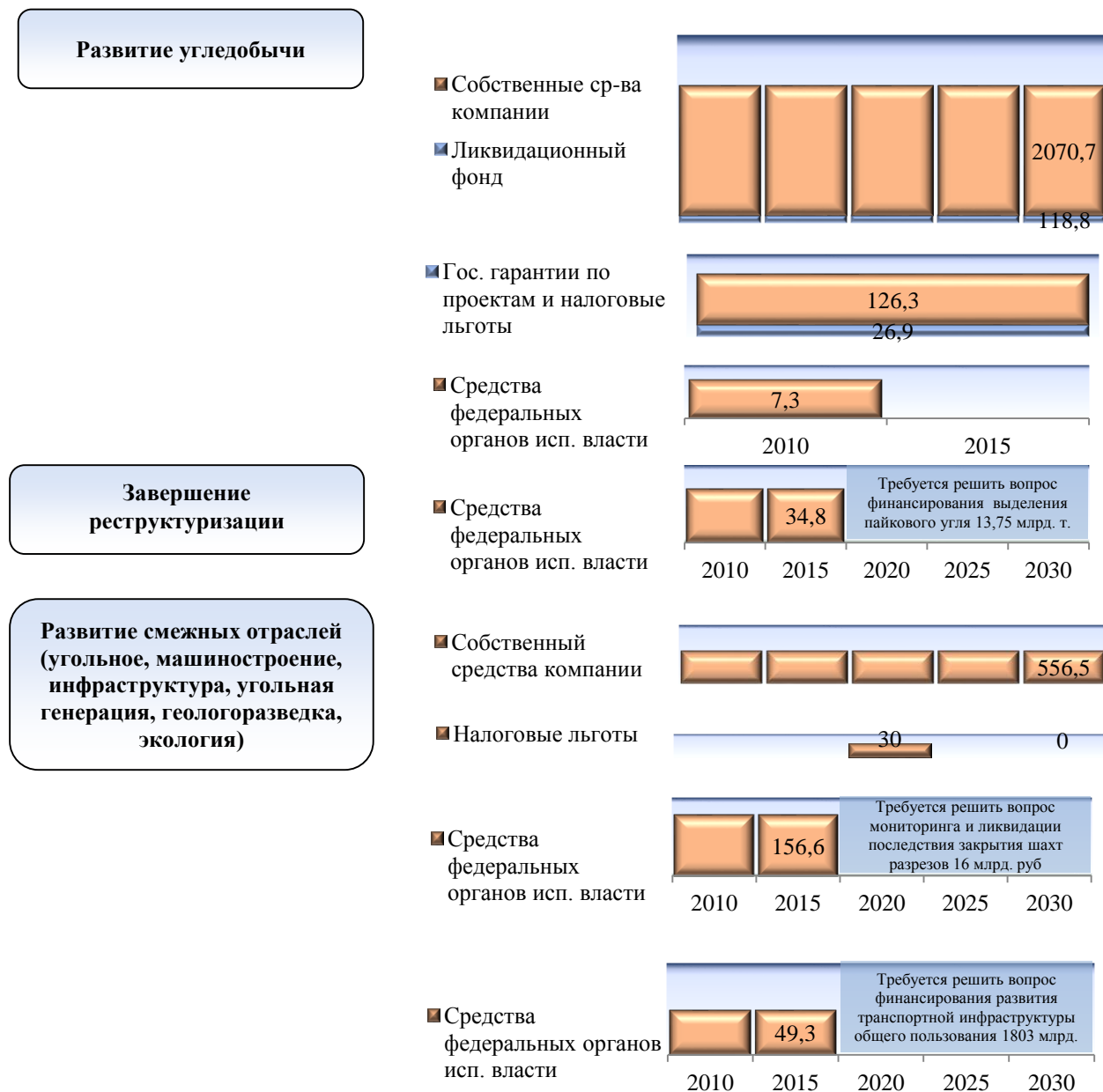


Рис.1.10 – Общий объем инвестиционных ресурсов на реализацию Программы

Целевые индикаторы	Уровень 2010 г.	Этап 1 до 2015 г.	Этап 2 до 2020 г.	Этап 3 до 2030 г.
Доля мощностей, введенных с учетом начального периода реализации мероприятий программы, %		25.0	50.0	100.0
Удельный вес нормативно-правовых актов в соответствующей сфере недропользования, %		До 40.0	100.0	
Общая рентабельность активной части основных фондов, %	8,40	15,00	20,00	25,00
Топливный эквивалент угля для целей энергетики, ед.	0,680	0,700	0,720	0,750
Среднее плечо транспортирования продукции на угольной основе, км	2100.0	2000.0	4500.0	9000.0
Внутренний рынок	850.0	850.0	800.0	600.0
Внешний рынок	4400.0	4350.0	4000.0	3300.0
Объемы угольной продукции на одного трудящегося в отрасли, тонн/чел. в год	1880.0	2500.0	4500.0	9000.0
Объемы товарной продукции на одного трудящегося в отрасли за весь период (в ценах 2010 года), млн. руб./чел. в год	1,840	2,470	4,590	9,550
Доля травматизма со смертельным исходом, случ. млн./т.	0,480	0,200	0,100	0,050
Доля сброса загрязненных сточных вод в водные артерии, м ² /т.	1,40	1,10-1,20	0,70-0,80	0,20-0,30
Доля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, кг/т.	3,60	3,20-3,40	3,00-3,20	2,80-3.00
Общие поступления в бюджет страны (недропользование, налоги; цены в 2010 года), млрд. руб.	93,20	106,20	116,50	137,00

Рис.1.11 – Результирующие целевые индикаторы

1.2 Анализ практических и теоретических исследований в области реконструкции угольных шахт

Вопросы методического и методологического обеспечения процедуры реконструкции технологических систем угольных шахт формировались и прорабатывались ведущими учеными в области горного дела, среди которых можно отметить труды А.С. Бурчакова [16], А.С. Малкина [17], М.И. Устинова [18], В.А. Харченко [19], А.В. Старикова [20], В.И. Салли [21], Л.А. Кафорина [22], Н.Г. Капустина [23], В.М. Зыкова [24], В.М. Еремеева [25], Б.М. Воробьева [26], Ю.К. Батманова [27], В.М. Вылегжанина [28], М.Б. Луганцева [29]. Их труды сформировали теоретическую базу для обоснования направлений по реконструкции технологических систем угольных шахт. В сфере современных исследований можно отметить труды Ю.Н. Кузнецова [30], В.В. Мельника [31], В.В. Агафонова [32], А.К. Логинова [33], Н.К. Оганесян [34], Е.Е. Чмыхова [35], А.В. Северинова [36] и др.

В работах [16 – 26] приводятся теоретические и методологические особенности реформирования и модернизации горного хозяйства шахт на примере их объединения и технического переоснащения, вскрытия и подготовки новых горизонтов, а также устранение «узких мест» в технологии угледобычи на основе использования различных оптимизационных методов.

В работе [27] описывается способ модернизации горного хозяйства шахт при отработке угольных пластов Донецкого бассейна, описываются варианты технологических и технических мероприятий по реконструкции угольных шахт, разработана модель в экономико-математической постановке, которая учитывает совокупное влияние уровней и отдельных элементов единой технологической системы угольной шахты на ее эффективность.

В работе [28] указывается, что обеспечение интенсивности и концентрации горных работ позволяют модернизировать старые угольные шахты, добиться высоких показателей и не требовать крупных инвестиций в обновление горного хозяйства.

Приводятся целевые функции интенсивности и концентрации горных работ, коэффициента износа шахтного фонда и коэффициента обновления (реконструкции, модернизации).

Отмечается, что в условиях малой привлекательности инвестиционных проектов угольных шахт существуют направления: объективная модернизация шахт с сокращением их инфраструктуры и рационализации шахтного поля; переход на высоконагруженные забои и комбинированную технологическую подготовку горных работ центральной части шахтного поля.

В работе [29] указывается, что обоснование целесообразности выбора вариантов реконструкции шахты следует осуществлять на базе разработанной экономико-математической модели, отличительными особенностями которой являются: учет определенного числа неуправляемых параметров-переменных (исходных условий, которые характеризуют маркетинговый комплекс – возможные варианты спроса на продукцию и цены на уголь; учет динамической составляющей оттока и притока денежных средств в течении расчетного периода, что отражается в комплексной составляющей экономического расчета ожидаемых изменений во времени показателей каждого из сравниваемых вариантов реконструкции.

В работах [30, 31, 32] описываются формы и направления развития шахтного фонда, общие подходы к обоснованию необходимости реконструкции, очередности ее проведения, процедуры выявления «узких мест» в технологии угледобычи и выделения инвестиций на первоочередное обновление технологических систем угольных шахт.

В работе [33] предложены базисные основы системного подхода к обоснованию и разработке прогрессивных технико-технологических и пространственно-планировочных проектных решений в области вскрытия, подготовки и отработки запасов угольных пластов с высокой газоносностью при проведении реконструкции технологических систем действующих угольных шахт. Данные решения служат основой для проектирования

угледобывающих предприятий с комплексным освоением георесурсов угольных месторождений.

В работе [34] предложены методические положения разработки процедуры выбора стратегических направлений совершенствования технологических систем угольных шахт, разрабатывающих пологие угольные пласты, которые основаны на предложенном интегральном подходе к их формированию.

В работе обоснован комплексный подход к решению поставленной задачи, который базируется на учете основных выбранных уровней оценки состояния угольных шахт, при реализации методических основ которых производится процедура оптимизации их функциональной структуры в сложившихся экономических условиях, разработана соответствующая методика, которая предусматривает реализацию возможности выбора направлений их совершенствования и развития на базе закономерностей развития научно-технического прогресса в области угольного производства.

В работе [35] предлагается элементы скоординированности и сбалансированности функционирования основных технологических подсистем угольных шахт оценивать по комплексному критерию, который учитывает согласованность пропускных способностей их уровню базового качества пространственно-планировочных составляющих при реализации аспекта полноты использования георесурсного потенциала. Разработаны методические принципы и положения обоснования мероприятий по проведению реконструкции технологических систем угольных шахт с учетом пропускных способностей основных технологических звеньев, которые однозначно позволяют определить ранг шахты в числе реконструируемых и обосновать конкретные объемы работ в этом направлении.

Также разработана методика по обоснованию величин основных грузопотоков в транспортной сети горных выработок шахты с учетом принципа соответствия параметров очистных работ и внутришахтного транспорта-

подъема для последующей коррекции сети и объема топологии горных выработок.

В работе [36] показаны основные составляющие влияния уровня научно-технического прогресса на формы развития шахтного фонда, исследовано влияние мероприятий по реконструкции технологических систем угольных шахт на технико-экономический уровень, выполнен анализ структуры капитальных вложений, распределяемых по отдельным источникам при реконструкции, исследована структура трудоемкости выполнения основных и вспомогательных процессов проходческих, очистных и строительно-монтажных работ.

Определены с технологической точки зрения основные направления проведения реконструкционных мероприятий, усовершенствована методика решения задач оптимизации параметров отдельных технологических процессов, предложены практические рекомендации по совершенствованию структуры организации труда и элементов материального стимулирования рабочих.

Наиболее интересной с методологической точки зрения, является работа [37], где разработана методика оценки технического уровня шахты (ИГД им. А.А. Скочинского). Под техническим уровнем шахты подразумевается совокупность свойств реконструируемой шахты, отражающих степень ее технического совершенства, по сравнению со свойствами базовой. В качестве базовых приняты показатели прогноза развития техники и технологии подземной добычи угля. Комплексный показатель технического уровня шахты $K_{т.у.}$ рассчитывается по формуле:

$$K_{т.у.} = \sum_{j=1}^{n_{т.у.}} \frac{Z_{\varphi i}}{Z_{\delta j}} \cdot m_{т. j} < 1 \quad (1.1)$$

где:

$Z_{\varphi i}, Z_{\delta j}$ - соответственно единичный и базовый показатели i -го технологического процесса;

$n_{т.у.}$ - число учитываемых единичных показателей;

$m_{т. j}$ - коэффициент весомости единичного показателя.

Для определения единичных и базовых показателей рекомендуются следующие формулы:

$$Z_{\varphi i} = \sum_{S=1}^b \sum_{i=1}^a \frac{D_{\varphi.i.\delta}^{(j)}}{\sum_{i=1}^a D_{\delta.i}^{(j)}} < 1 \quad (1.2)$$

$$Z_{\delta j} = \sum_{S=1}^b \sum_{i=1}^a Z_{\delta.i.S}^{(j)} \frac{D_{\delta.i}^{(j)}}{\sum_{i=1}^a D_{\delta.i}^{(j)}} \leq 1 \quad (1.3)$$

где:

$D_{\varphi.i.S}^{(j)}$ - фактический объем применения S -го базового технического средства в i -х горнотехнических условиях на j -м процессе в единицу времени;

a - число групп однородных горнотехнических условий применения базового технического средства;

b - число видов технических средств, влияющих на S -й единичный показатель;

$D_{\delta.i}^{(j)}$ - общий объем производства на j -ом технологическом процессе в i -х горнотехнических условиях в единицу времени;

$Z_{\delta.i.S}^{(j)}$ - базовый показатель, значение которого принимается по данным прогноза.

Единичные показатели, рекомендуемые для оценки технического уровня шахты комплексным методом, приведены в таблице 1.4.

Эти показатели учитывают основные технологические процессы и схемы, на которых занято свыше 75% всех рабочих по добыче, а эксплуатационные затраты по ним составляют около 90%.

Исходные показатели для расчета показателей $Z_{\varphi i}$, $Z_{\delta j}$ и $K_{т.у.}$ по приведенным формулам пояснены в таблице 1.4. Значения коэффициентов $m_{т. j}$, указанные в таблице 1.4, приняты с учетом степени влияния соответствующих технологических процессов на трудоемкость добычи угля: чем больший удельный вес в общей трудоемкости имеет j -й процесс, тем больше его весомость.

Таблица 1.4 – Единичные показатели для оценки технического уровня шахты

Индекс показателя	Единичный показатель	Значение коэффициентов		Исходные данные для расчета		Коэффициент $m_{т. j}$
		а	в	$\frac{Z_{\delta. j}}{D_{\phi. i. S}^{(j)}}$	$\frac{Z_{\phi. j}}{D_{\delta. i}^{(j)}}$	
1	2	3	4	5	6	7
1	Удельный объем применения рациональных систем разработки пластов	1-18	1	Фактическая годовая добыча угля с применением базовых систем разработки	Общая годовая добыча угля из пластов с i -ми условиями	0,10
2	Удельный объем применения рациональных способов подготовки шахтного поля	1-5	1	То же, с применением базовых способов подготовки	То же	0,05
3	Уровень комплексной механизации и автоматизации очистных работ	1-6	2	То же, из комплексно-механизированных очистных забоев	То же	0,35
4	Уровень комбайновой и комплексно-механизированной проходки подготовительных выработок	2	2	Протяженность подготовительных выработок, пройденных за год комбайнами (комплексами оборудования)	Общая протяженность подготовительных выработок, пройденных за год в i -х горнотехнических условиях	
5	Уровень конвейеризации подземного транспорта	2	1	Среднегодовая протяженность конвейеризованных горизонтальных и наклонных выработок	Общая среднегодовая протяженность действующих транспортных выработок	
6	Удельный объем применения рациональных средств вспомогательного подземного транспорта	3	1	Среднегодовая протяженность выработок, оборудованных базовыми средствами вспомогательного транспорта	То же (выработки с оборудованием для вспомогательного транспорта)	0,05
7	Уровень автоматизации стационарных установок и технологического комплекса на поверхности	1	1	Число автоматизированных стационарных установок на шахте	Общее число стационарных установок на шахте	0,15
8	Удельный объем применения рационального способа вскрытия шахтного поля	1	2	Расчет не требуется		0,07

В зависимости от величины показателя $K_{т.у.}$ действующие шахты, подлежащие реконструкции, могут быть отнесены к одной из трех основных групп (рис.1.12).

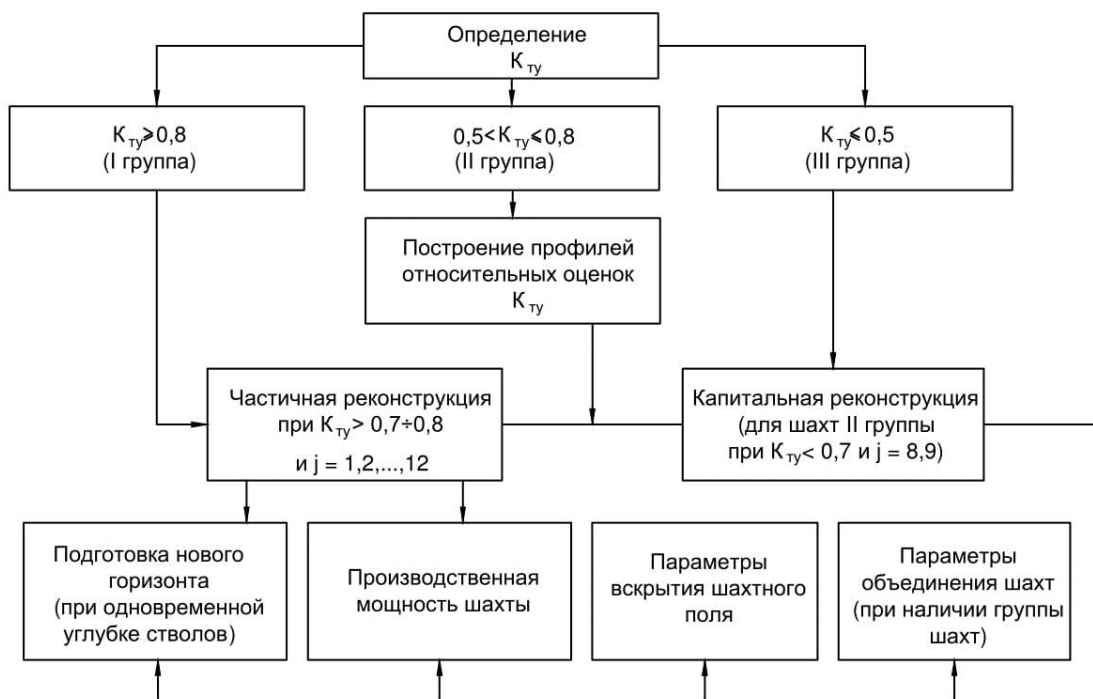


Рис.1.12 – Схема анализа и классификации технического уровня шахты

Шахты I группы характеризуются высоким техническим уровнем ($K_{т.у.} \geq 0,8$). На таких шахтах возможна частичная реконструкция с повышением технического уровня лишь отдельных производственных процессов, которые подлежат оптимизации при реконструкции.

Ко II группе отнесены шахты с техническим уровнем ($0,5 \leq K_{т.у.} \leq 0,8$). Шахты данной группы требуют частичной или капитальной реконструкций.

Для более детального анализа технического уровня шахты необходимо построить профили относительных оценок по всем основным и дополнительным единичным показателям.

При проектировании реконструкции шахт II группы необходимо оптимизировать производственную мощность шахты, а также рассмотреть целесообразность ее объединения с соседними шахтами, если они имеются.

Шахты III группы ($K_{т.у.} < 0,5$) являются технически отсталыми, требующими капитальной реконструкции.

Постановка задачи принятия решения для шахт III группы мало чем отличается от постановки такой задачи для вновь строящихся шахт, поскольку при капитальной реконструкции, как правило, происходит практически полное обновление основных производственных фондов.

Самый масштабный проект реконструкции угледобывающих предприятий, рассматриваемый в Российской Федерации, был связан с Воркутским месторождением, который так и не был реализован ввиду отсутствия довольно значительных инвестиций [33].

Основное концептуальное решение реконструкции заключалось в реализации поэтапного объединения существующей инфраструктуры вентиляционных и транспортных магистралей индивидуальных шахт в единую цепочку с дальнейшей процедурой ее сокращения за счет ликвидации топологической сети горных выработок существующих вентиляционных горизонтов.

При реализации этого проекта протяженность сети горных выработок сокращается с 420,0 км до 180,0 км. Существующие логистические сети индивидуальных шахт (рис.1.13) объединяются в единую конвейерную магистраль (рис. 1.14), для этого проводится новый наклонный конвейерный ствол с промышленной площадки шахты «Заполярная» на центральную обогатительную фабрику «Печорская» с общей протяженностью конвейерной магистрали в 17,3 км, при этом длина наклонного ствола составляет 2,7 км. В составе инфраструктуры каждой шахты содержатся пункты погрузки, административно-бытовой комбинат и комплексы обслуживающих производств. Ежегодные объемы перевозок угля с шахт Воркутской мульды на Центральную обогатительную фабрику составляют 4,5 млн.тонн.

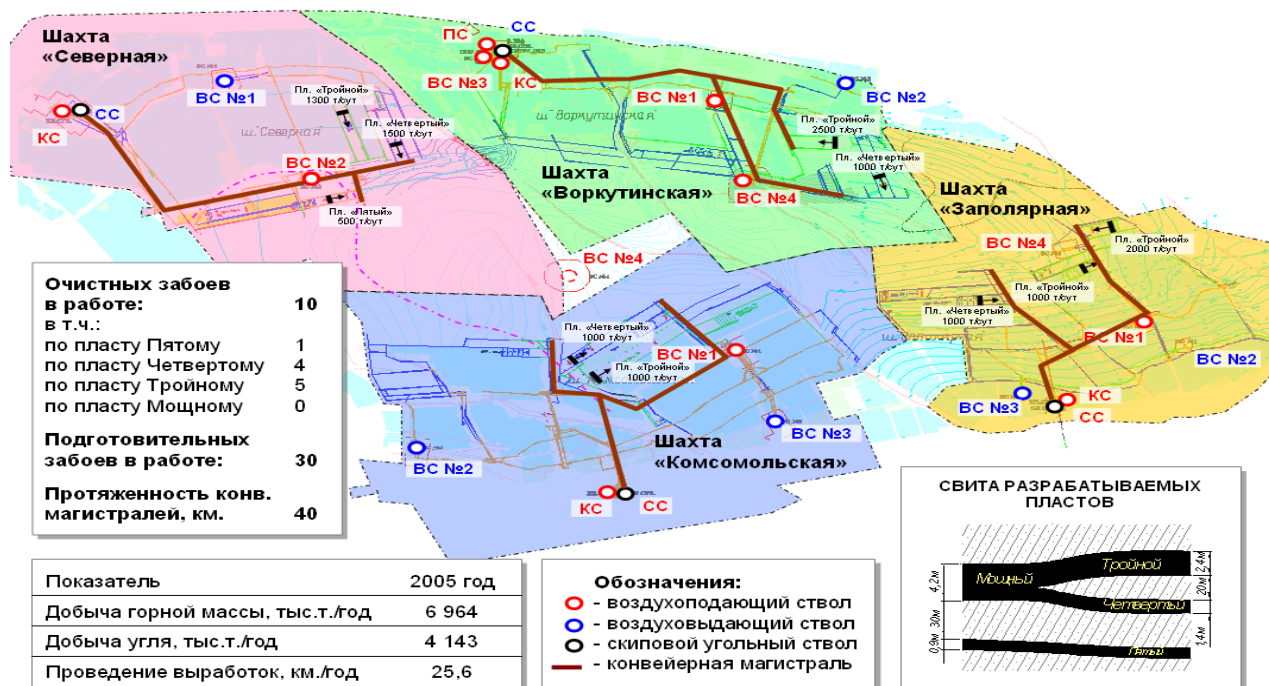


Рис. 1.13 – Схема объединенной функциональной структуры шахты «Воркута»

Вся спроектированная инфраструктура должна была обеспечивать пропускную способность в 8.0 млн. тонн горной массы и формировала долю условно-постоянных затрат в эксплуатационных издержках до 65.0%. В ходе реконструкции шахтное поле объединенной шахты разделяется на эксплуатационные блоки, которые отрабатываются в определенном порядке (рис. 1.15).

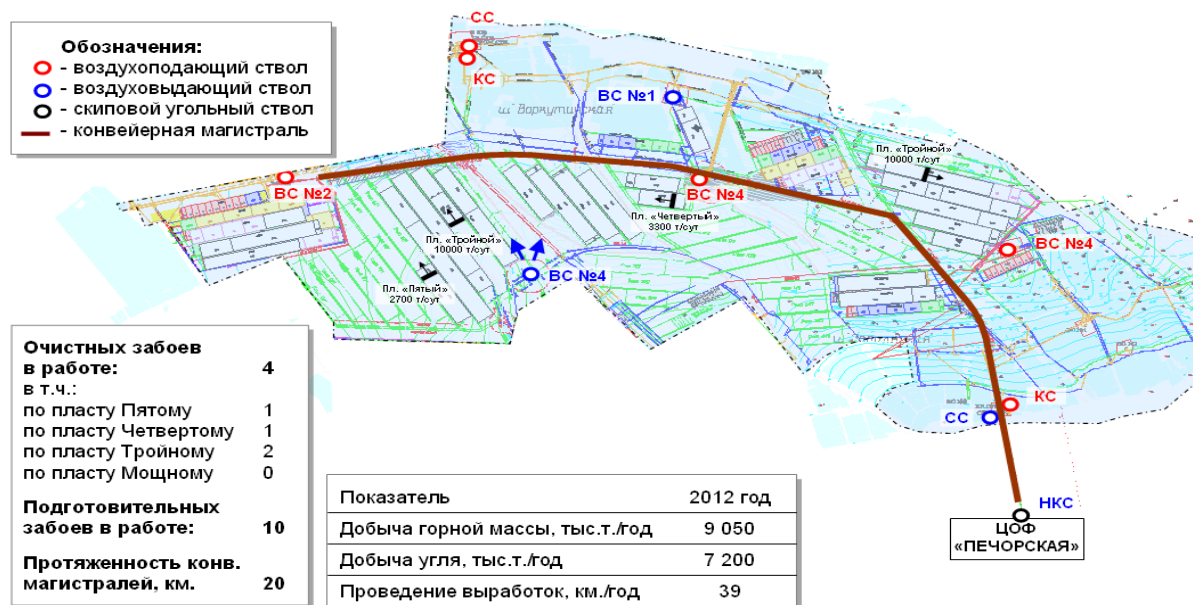


Рис. 1.14 – Схема ведения горных работ в границах выемочных полей объединенной шахты «Воркута»



Рис. 1.15 – Схема разделения шахтного поля на выемочные блоки

Самый большой и конструктивный опыт в вопросе реконструкции шахтного фонда в форме объединения шахт накоплен в ФРГ [38]. Самым масштабным проектом по объему выполняемых работ и размерам инвестиций является формирование технологической системы шахты «Проспер-Ханиель», которая была функционально спроектирована на основе объединения шахтных полей производственных единиц «Проспер II», «Проспер III/IV», «Якоби» и «Франц Ханиель».

В основе процедуры обоснования реконструкции была заложена необходимость передислокации ведения очистных работ в северную часть месторождения вследствие отработки промышленных запасов в южной с реализацией концепции отработки запасов резервных выемочных полей.

Основные технологические составляющие реконструкции свелись к следующим: на горизонте 1000 м была сформирована новая пространственно-планировочная сеть горных выработок для целей вентиляции, подъема, спуска людей и доставки материалов с одновременной углубкой северного флангового ствола.

Для выдачи горной массы объединенной технологической системы был пройден конвейерный наклонный ствол с площадью поперечного сечения в 22

м², длиной 3653 м при угле наклона 12° и с перепадом высотных отметок в 780 м. Для крепления ствола использовалась четырехсегментная крепь из спецпрофиля G1130 в комбинации с набрызг-бетоном.

В качестве второго масштабного проекта реконструкции можно привести пример шахты «Вестфалия». После отработки промышленных запасов было начато освоение запасов восточного участка «Максимилианграбен», которое свелось к выполнению следующих работ по реконструкции:

- углубление главного ствола №7 до конечной отметки 1330 м;
- проведение более 13 км горизонтальных горных выработок различного функционального назначения;
- для формирования общей топологической сети горных выработок горизонта – 1260 м и горизонта – 1035 м были проведены полевые горные выработки с углом наклона около 12° общей длиной около 1100 м и комплекс горизонтальных штреков к стволу на гор. – 1035 м.

Основой современного развития концепции реконструкции горного хозяйства в ФРГ стала концепция присоединения шахт. Основным преимуществом данной концепции являлось сокращение площади горного отвода за счет формирования обобщенного технологического комплекса поверхности и формирование программы проходки новых главных и вспомогательных стволов.

Примером реализации данного подхода может служить строительство вентиляционного ствола «Рейнберг» общего для шахт «Вальдзум» и «Рейнланд».

Основные горно-геологические и горнотехнические условия эксплуатации служили в качестве основных ограничений процедуры выбора промышленных площадок для заложения ствола.

В качестве дополнительных ограничений выступала архитектурно-планировочная ситуация на поверхности. Положительный аспект выбранного места заложения ствола заключался в формировании общей работоспособной вентиляционной сети, которая обеспечила:

- достаточную удаленность от инфраструктуры жилых районов;
- формирование производственно-логистической системы вне городских транспортных магистралей.

Положительные результаты дало размещение главных вентиляторных установок под землёй, а планировочные решения были адаптированы к рельефу местности.

На примере шахты «Вестфален» (компания «Эгивейлер берг верксферайн АГ») можно проследить изменения в научно-методическом обеспечении реконструкции.

На первом этапе была разработана концепция основной раскройки площади шахтного поля, а на втором этапе была реализована оптимизационная модель на основе имитационного моделирования.

Шахтное поле вскрывалось двумя новыми главными стволами большого диаметра. Использование действующего подъемного горизонта в качестве базового верхнего на новом поле задействовалось для транспортирования и перемещения материалов, оборудования и перевозки людей.

Структура нового подъемного горизонта формировалась на площади прирезаемого поля на 400-метровой глубинной отметке самого нижнего пласта. Данные горизонты соединяются соответствующей выработкой.

При современных подходах к процессу раскройки шахтных полей на выемочные эксплуатационные блоки, прирезаемых к полям действующих шахт, более широкое применение находят такие отдельные элементы, как наклонные транзитные полевые выработки и слепые стволы большого диаметра в сочетании с системой вертикальных шахтных стволов для осуществления вентиляции, спуска-подъема людей, при этом полевые наклонные выработки занимают около 80% в структуре общего объема работ по вскрытию шахтных полей.

Примером реализации данного концептуального подхода к вскрытию может служить пример участка «Бинсхайм» шахты «Рейнланд». Отдельными элементами представленной схемы вскрытия являются: транзитный полевой

уклон с гор. -650.0 м до гор. - 1050.0 м общей длиной 1900.0 м, пройденный с углом наклона 14,4°; слепой ствол большого диаметра с устройством спирального спуска для перемещения угля и подъемная установка для спуска - подъема людей и подачи свежей струи воздуха через ствол "Франц-Ленце" шахты "Вальзриг"; слепой ствол для подачи свежей струи по действующим очистным забоям; в целях соединения с магистральным конвейерным штреком конвейерный полевой штрек.

В Германии в свое время была разработана и в практическом плане вполне успешно реализована «Угольная концепция развития до 2005 года», предусматривающая ряд конструктивных мер по реконструкции шахтного фонда:

- объединение топологических сетей горных выработок шахт «Эвальд/Шлегель унд Айзен» и «Хуго/Консолидацион» в единую технологическую систему - шахту «Эвальд/Хуго» (реализовано в 1997 г.);

- объединение топологических сетей горных выработок шахт «Хаус Аден/Монополь» и «Генрих Роберт» в единую технологическую систему - шахту «Ост»;

- объединение топологических сетей горных выработок шахт «ФюрстЛеопольд/Вульфен» и «Вестерхольт» в технологическую систему - шахту «Липпе» (реализовано 1998 г.);

- закрытие шахт «Вестфален» и «Геттельборн/Реден» (реализовано в 2000 г.).

Следует отметить превалирующую роль в Германии процесса объединения технологических систем угледобывающих предприятий. При этом выделяются три основных типа систематизации, различающихся временным и пространственным расположением и функционированием отдельных составляющих (рис.1.16).

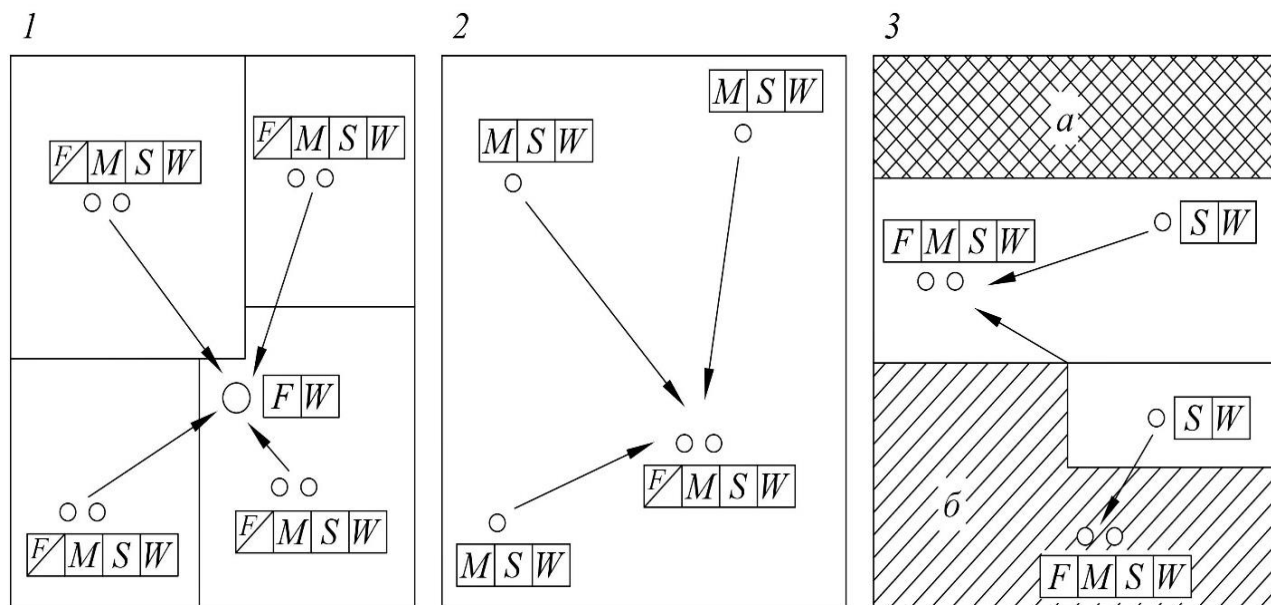


Рис.1.16 – Типы функциональных структур объединенных шахт
 F – подсистема выдачи угля; M — подсистема транспортировки грузов и материалов; S – подсистема спуска-подъема людей; W — подсистема проветривания

1-ый тип. Главный отличительный признак этого типа заключается в отсутствии функциональных возможностей для выдачи полезного ископаемого, в этом случае эта функция передается одной новой промышленной площадке одной из шахт, выполняющей роль центральной, главные стволы других шахт переходят в разряд периферийных и реализуют сугубо специфические задачи (спуск-подъем людей, вентиляция, доставка материалов, грузов и оборудования и т.д.).

Основной предпосылкой для реализации данной концентрации производства в этой постановке – общая соподчиненность этих шахт единой форме собственности в рамках общих границ (рис.1.17).

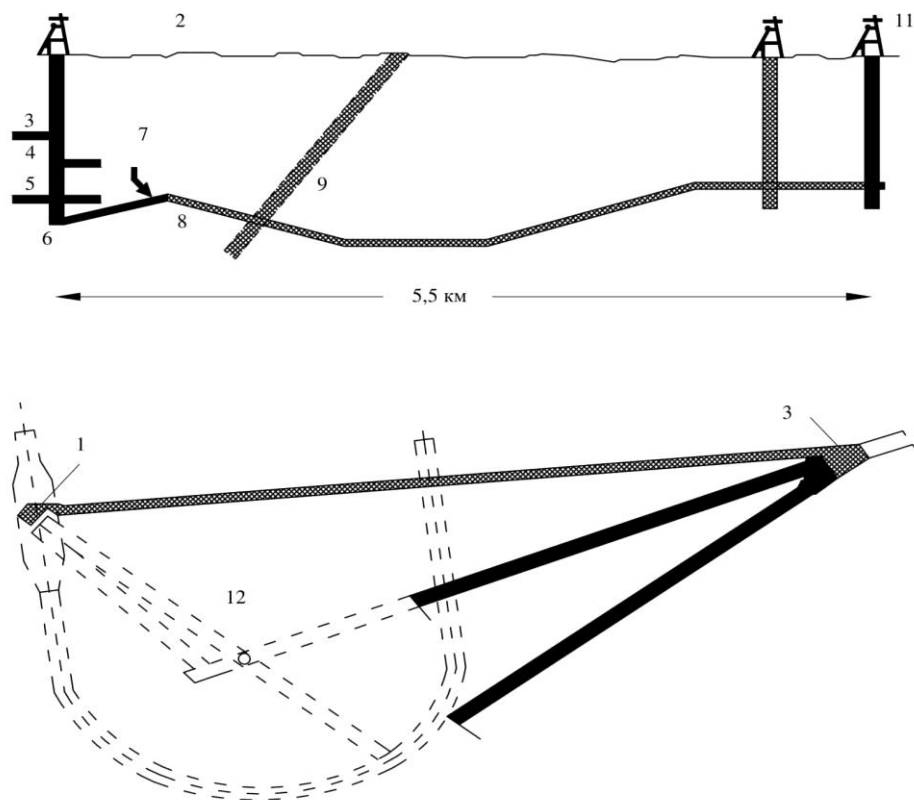


Рис.1.17 – Формирование объединенной технологической системы шахт «Геттельборн» и «Реден» на базе магистральной выработки в «Ост» (Саар)
а – соединительная магистральная выработка; 1 – шахта «Геттельборн»; 2 – вспомогательный ствол IV; 3 – откаточный горизонт IV; 4 – откаточный горизонт VI; 5 – откаточный горизонт VIII; 6 – подсечной штрек; 7 – сбойка; 8 – квершлаг «Теттельборн-Реден»; 9 – сброс 10 шахта «Реден»; 11 – главный ствол V; 12 – аккумулирующий бункер

2-ой тип. Данный тип общей технологической системы отработки запасов базируется целиком на схеме вскрытия шахтных полей. Он предусматривает новый центральный главный ствол и несколько периферийных вспомогательных. По вспомогательным стволам осуществляются все процессы и операции, не связанные с выдачей полезного ископаемого, причем их число в последнее время сокращается с целью уменьшения расходов на проведение и поддержание.

В практике объединения шахт такого типа самым грандиозным проектом является великобританская шахта «Селби» с производственной мощностью в 10.0 млн. тонн в год, которая состоит из пяти блоков, причем в каждом располагаются по два вертикальных фланговых ствола, уголь на поверхность выдается по поточной схеме транспорта по двум наклонным стволам.

3-ий тип. Этот тип объединенной технологической системы шахт основан на прирезке к остаточным запасам шахты с более совершенной инфраструктурой запасов соседних шахт.

Этот тип имеет наибольшее распространение в периоды экономических реформ, поскольку позволяет изменить объемы угледобычи в соответствии с конъюнктурой сбыта. В качестве примеров можно привести объединенные в Руре шахты «Эваль/Шлегель унд айзен», «Консолидацион/Нордштерн» и «Лоберг/Остерфельд».

Основные отличительные особенности рассматриваемого типа следующие:

- реализация возможностей ограничения объемов угледобычи;
- концентрация производственной инфраструктуры (использование одного ствола для выдачи полезного ископаемого);
- прирезка остаточных запасов к остающемуся в эксплуатации центральному шахтному полю.

Одним из последних ярких примеров создания объединенных технологических систем шахт в Германии служит объединение шахт «Гёттельборн», «Реден» и «Кампхаузен» в рамках общей стратегии концерна «Саарбергверке». На реализацию данного проекта, в рамках которого вовлекаются в эксплуатацию три крупные шахты «Варндт/Луизенталь», «Энсдорф» и «Гёттельборн/Реден», в конечном счете, потрачено 635 млн. марок в течении пяти лет. На формирование объединенной технологической системы отработки запасов шахт «Гёттельборн» и «Реден» потрачено 427 млн. марок.

1.3 Цель, идея и задачи исследований

В соответствии с приведенными во введении цель, идея и задачи исследований формализуются следующим образом:

ЦЕЛЬ РАБОТЫ - разработка методики обоснования необходимости реконструкции и очередности выделения инвестиций на обновление технологических систем угольных шахт.

ИДЕЯ РАБОТЫ – основная идея работы заключается в том, что для обоснования реконструкции привлекается аппарат интегральной оценки георесурсного потенциала, технологической и экономической составляющей функциональных структур угольных шахт.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ:

- анализ основных тенденций, характеризующих уровень технико-экономической эффективности угольных шахт Российской Федерации;
- анализ целевых ориентиров, стратегических приоритетов и программы развития угольной отрасли Российской Федерации;
- анализ теоретических и практических исследований в области обоснования реконструкции технологических систем угольных шахт;
- анализ основных задач реконструкции и модернизации действующего шахтного фонда;
- выделение факторов, влияющих на переустройство угольных шахт и их классификация;
- анализ новых технико-технологических решений и направлений в проектах реконструкции угольных шахт;
- разработка методики и блок-схемы алгоритма процедуры обоснования реконструкции технологических систем угольных шахт;
- разработка практических рекомендаций по повышению технологического уровня и технико-экономической эффективности функциональной структуры шахты имени В.Д. Ялевского;
- экономическая оценка и верификация результатов исследования.

ВЫВОДЫ

1. В современных макроэкономических условиях процесс функционирования угольных компаний Российской Федерации характеризуется изменением его структуры на базе трансформационных явлений, в связи с чем формируется определенная зависимость от «цены» ошибок из-за несвоевременной реконструкции угольных шахт, игнорирования поэтапности их реализации в форме необоснованных изменений в структуре шахтного фонда.

2. Реконструкция действующих угледобывающих предприятий с подземным способом добычи производится с целью улучшения технико-экономических показателей на основе использования инновационных передовых достижений научно-технического прогресса во всех процессах добычи, транспортировки и переработки угля, применения комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, концентрации горных работ, совершенствования схем вскрытия, подготовки, транспорта-подъема, вентиляции, укрупнения горного хозяйства шахт или повышения производственной мощности.

3. Основными направлениями реконструкции и модернизации шахт являются: концентрация и объединение мелких шахт в крупные предприятия, реконструкция технологических комплексов поверхности, совершенствование и расширение функциональных возможностей схем вскрытия и подготовки шахтных и выемочных полей, резкое повышение нагрузки на выемочные эксплуатационные блоки путем увеличения концентрации горных работ, увеличения длины лав и скорости их подвигания, модернизация и увеличение пропускной способности подземного транспорта и шахтного подъема, вентиляция, совершенствование управления производством.

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПЕРЕУСТРОЙСТВО УГОЛЬНЫХ ШАХТ. НОВЫЕ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ В ПРОЕКТАХ РЕКОНСТРУКЦИИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

2.1 Основные задачи и составляющие реконструкции технологических систем угольных шахт

Жизненный цикл функциональных структур технологических систем действующих угольных шахт представляет из себя сочетание нескольких основных составляющих. Так в период освоения производственной мощности угледобывающего предприятия, т.е. в течение первых 2—3 лет происходит постепенное и ступенчатое освоение и нарастание объемов угледобычи, при этом формируются тенденции повышения уровня производительности труда и роста нагрузки на очистной забой. Далее наступает период стабильной работы, который, как правило, длится не более 15—20 лет. Длительность этого периода в дальнейшем определяется как усложнением горно-геологических условий эксплуатации, так и «старением» основных технологических звеньев и подсистем, что связано с ростом протяженности топологической сети горных выработок и развитием научно-технического прогресса в области угледобычи. Степень «старения» при этом процессе отражается ростом удельной протяженности проводимых и поддерживаемых горных выработок различного функционального назначения, а также их фактическим состоянием, которое определяется соответствием рабочих параметров крепи на отдельных участках параметрам паспортов крепления и размерам поперечных сечений.

Увеличение протяженности и формирование роста причин неудовлетворительного состояния пространственно-планировочной сети горных выработок существенно усложняет функциональные возможности транспортных и вентиляционных магистралей, все это, в конечном итоге, приводит к росту логистической составляющей и «трудностям» проветривания, что в свою очередь, отрицательно сказывается на технических возможностях

горнодобывающего оборудования, происходит снижение нагрузки на очистной забой, увеличивается трудоемкость выполнения отдельных процессов и операций ведения подземных горных работ [39].

Данные тенденции приводят к появлению «узких» мест в пропускной способности основных технологических звеньев производства: горные работы (выемка угля, проведение подготовительных горных выработок, вскрытие и подготовка шахтных и выемочных полей, системы разработки и технологические структуры отработки запасов), подземный транспорт, технологические операции околоствольного двора, подъем, технологический комплекс поверхности, общешахтная вентиляция (рис.2.1). Следует отметить, что наличие в технологической цепочке даже одного «узкого» звена полностью исключает процесс дальнейшего развития технологической системы шахты и ухудшает на последующем этапе работы основные результирующие технико-экономические показатели. Процесс ликвидации так называемых «узких» звеньев производства связан с проведением специальных разноплановых технико-технологических мероприятий [40].

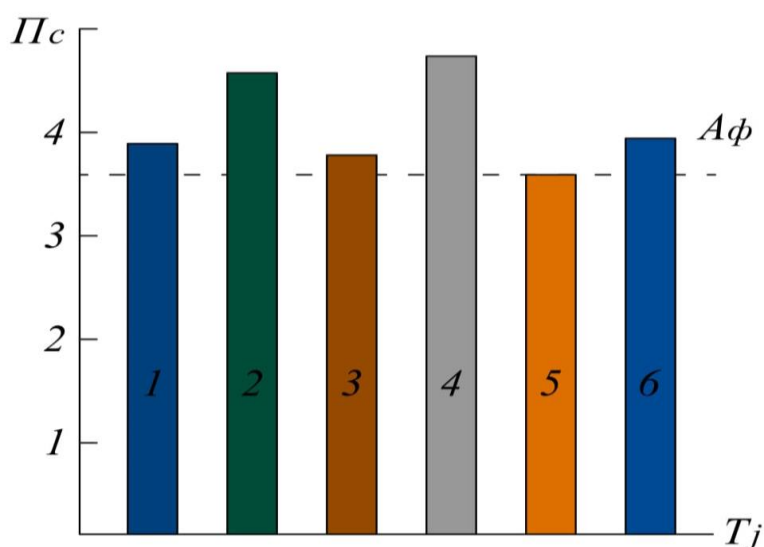


Рис. 2.1 – Пропускная способность (P_c) основных технологических звеньев шахты (T_j):

1 – горные работы; 2 – подсистема подземного транспорта; 3 – комплекс околоствольного двора; 4 – подсистема подъема; 5 – подсистема технологического комплекса поверхности; 6 – подсистема общешахтной вентиляции; A_f – уровень фактической добычи

Следует отметить, что на разных этапах эволюции и развития угольной отрасли соотношение объемов нового строительства и объемов реконструкции не остается постоянным, что связано с научно-техническим прогрессом, способствующему техническому перевооружению и модернизации, с неизбежным ухудшением горно-геологических условий отработки запасов (в частности из-за необходимости отработки более глубоких горизонтов), с повышением требований техники безопасности ведения работ и т.д. Правильное, экономически обоснованное соотношение объемов работ нового строительства и реконструкции предопределяет направления и формы развития как отдельных угледобывающих предприятий, так и угольных компаний в целом.

В настоящее время под категорией «нового строительства» понимается комплекс взаимоувязанных горнокапитальных и строительно-монтажных работ, направленных на создание и организацию нового угледобывающего предприятия.

Основная отличительная особенность нового строительства от реконструкции заключается в различном воздействии на основные фонды (рис.2.2). Так при новом строительстве полностью вводятся в действие новые основные фонды, при этом мощность шахты возрастает от нулевой до проектной отметки. При реконструкции предприятия частично используются как существующие, так и новые основные фонды. Мощность реконструируемой шахты либо возрастает, либо сохраняется на достигнутом уровне. Если же сравнить технико-экономические показатели работы таких предприятий, то окажется, что, как правило, капитальные вложения на реконструируемом предприятии будут меньше, а себестоимость продукции выше, чем на новой шахте такой же мощности.

Важным преимуществом реконструкции является принципиальная возможность обеспечения необходимого прироста мощности в более короткие сроки, чем при новом строительстве, а также то, что при реконструкции требуются значительно меньшие затраты на строительство необходимой

инфраструктуры, внешних коммуникаций и объектов промышленного назначения [41].

Большая часть капитальных вложений в угольную отрасль приходится на затраты с целью простого воспроизводства основных фондов и поддержания мощности действующих предприятий на достигнутом уровне. Воспроизводство регулярно выбывающих объектов происходит не только в виде строительства новых шахт, но и путем периодической замены оборудования и формирования дополнительной топологической сети горных выработок на действующих предприятиях.

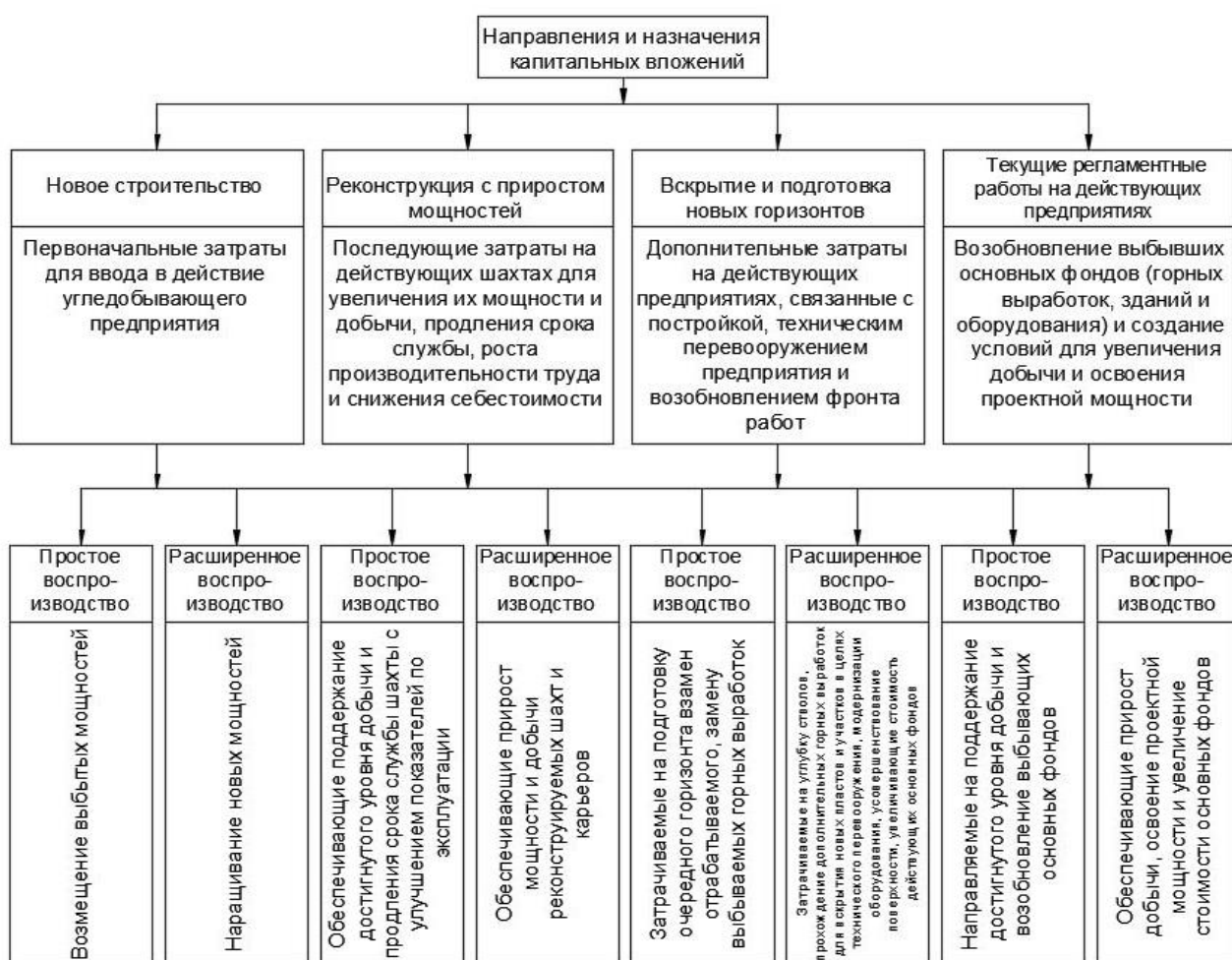


Рис.2.2 – Воздействие на основные фонды при новом строительстве и реконструкции действующих угольных шахт

Как новое строительство, так и реконструкция шахтного фонда представляют две формы расширенного воспроизводства. Цель их увеличить

производственную мощность и улучшить технико-экономические результаты работы как отдельного предприятия, так и угольной компании в целом.

При определении понятия реконструкция необходимо отдельно рассматривать отдельные предприятия и угольные компании. Для отдельной шахты реконструкция представляет способ увеличения добычи и улучшения технико-экономических результатов её работы.

Для угольной компании эта же задача решается различными путями: реконструкцией отдельных шахт, строительством новых, закрытием некоторых действующих шахт, поэтому следует говорить об их развитии, одним из элементов которого является реконструкция [42].

Таким образом, под реконструкцией условно можно понимать комплекс взаимоувязанных горно-капитальных, строительно-монтажных и технологических мероприятий на действующих шахтах, направленных на улучшение технико-экономических показателей работы предприятия, а также условий безопасности труда.

Важнейшими задачами реконструкции технологической системы шахты являются совершенствование схемы вскрытия и подготовки с целью ликвидации длинных уклонов, улучшение схемы подземного транспорта с одновременным устранением разбросанности горных работ, увеличение нагрузок на забой, участок, горизонт и шахту, а также улучшение проветривания шахты и сокращение протяженности проводимых и поддерживаемых выработок на единицу добычи.

Вскрытие и подготовка новых горизонтов на действующих шахтах (углубки стволов шахт) может относиться к простому воспроизводству или к реконструкции в зависимости от определенных условий.

На пологих и наклонных пластах переход на новый горизонт происходит через 15-20 лет и наряду с другими задачами имеет цель упрощения планировки выработок и схемы подземного транспорта. При этом во многих случаях возрастает мощность шахты, повышается уровень концентрации и

механизации работ, и как следствие улучшаются технико-экономические показатели.

В этом случае подготовка нового горизонта и углубка стволов должны быть отнесены к реконструкции [43]. Если мощность шахты и условия ее работы сохраняются, то прохождение капитальных выработок (для вскрытия новых пластов взамен отработанных, для первоначальной подготовки выемочных полей к отработке обратным ходом, для вскрытия запасов угля за нарушениями и т.д.), не является реконструкцией.

При подготовке новых горизонтов на шахтах с крутыми пластами, мощность шахты часто не возрастает, а технико-экономические показатели в связи с ухудшением горно-геологических условий не могут быть улучшены. В этом случае мы имеем простое воспроизводство, хотя объем выполняемых работ может быть значительным.

При вскрытии и подготовке новых горизонтов решаются вопросы подготовки соответствующего фронта очистных работ: совершенствования схем вскрытия и вентиляции, систем разработки, подземного транспорта, механизации и автоматизации производственных процессов на подготавливаемом горизонте и повышения технико-экономических показателей до уровня, обеспечиваемого современными достижениями науки и техники.

Модернизация действующих шахт производится с целью повышения технико-экономических показателей, путем замены устаревших технологических процессов и оборудования на современные, отвечающие последним достижениям науки и техники.

Комплексы работ небольшого масштаба, направленные на совершенствование отдельных узлов предприятия или на ликвидацию «узких мест», можно отнести к частичной реконструкции. При этом необходимо обратить внимание на замену оборудования за счет фонда амортизации. Новое оборудование, даже однотипное с заменяемым, в основном более производительное и совершенное, ведет к улучшению результатов работы предприятия [44].

Реконструкция действующих шахт производится с целью улучшения технико-экономических показателей на основе внедрения инновационных передовых достижений научно-технического прогресса во все технологические процессы добычи, транспортировки и переработки угля, применения комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, концентрации горных работ, совершенствования схем вскрытия и вентиляции, укрупнения шахт или повышения мощности.

При реконструкции шахты, кроме того решаются вопросы снижения трудоемкости выполняемых работ, создания безопасных и комфортных условий труда, повышения эффективности ведения работ, централизации и кооперации вспомогательных служб и цехов.

Проекты реконструкции шахт могут разрабатываться:

- с приростом и без прироста мощности действующей шахты;
- при объединении двух или более шахт в одну производственную единицу;
- совместно со вскрытием и подготовкой новых горизонтов.

На реконструируемом предприятии (или группе их) правомерно и объективно использование не менее 25% имеющихся основных производственных фондов (по балансовой стоимости), отнесенных к началу реконструкции, и сохранены с их функциями или построены на той же площадке главные стволы, хотя бы одной из группы шахт.

Затраты, необходимые для выполнения минимальных нормативных требований безопасности или условий труда, учитываются в расходах на реконструкцию.

Если основные фонды действующих шахт используются меньше чем на 25%, или не сохраняются главные стволы хотя бы одной из шахт, то указанный выше комплекс работ считается новым строительством, а не реконструкцией. Это основывается на следующем соображении.

Наиболее характерным сооружением для угольной шахты, связанным с горным отводом и определяющим ее местоположение, является главный ствол.

Естественно считать, что при закладке на новой площадке главных стволов взамен действующих, возникает новое предприятие, и наоборот, сохранение главных стволов и их функций является признаком того, что еще сохранилось старое предприятие, если даже объем капитальных вложений на реконструкцию велик, в сравнении с имеющимися основными фондами [45].

Может оказаться необходимым прохождение нового главного ствола на той же площадке взамен или в дополнение к существующим. Этот случай рассматривается как сохранение шахты, так как сохраняется ее горный отвод (хотя бы с измененными границами).

Подсчеты показывают, что стоимость главных стволов с подъемами и сооружениями технологического комплекса составляют 12-20% стоимости промышленных фондов шахты. Поэтому указанная величина используемых основных фондов 25% должна рассматриваться как минимальная, так как будут функционировать околоствольные дворы, оборудование, отдельные здания и сооружения на поверхности.

Еще раз отметим, что и новое строительство, и реконструкция, и модернизация, и другие работы являются формами технологического и технического переустройства предприятия и направлены на повышение его мощности и улучшение технико-экономических показателей.

Следует заметить, что при реконструкции предприятий желаемые результаты могут быть достигнуты в более короткие сроки.

Учитывая также необходимость концентрации производства и увеличения производительности труда в отрасли, без прироста числа действующих предприятий, все большее внимание и предпочтение отдается реконструкции, поэтому, особый интерес представляют факторы, вызывающие переустройство угледобывающего предприятия.

2.2 Классификация факторов трансформации элементов и подсистем угледобычи

Как показали исследования в данной области, основными стратегическими факторами (рис.2.3), которые определяют необходимость и, в конечном итоге, целесообразность проведения реконструкции технологических систем действующих угольных шахт в целом, так и отдельных ее элементов (подсистем) являются:

- сокращение или полная отработка запасов шахтных и выемочных полей;
- развитие научно-технического прогресса в отрасли и производимое на его базе перевооружение основных звеньев горного производства (моральный износ);
- постоянное ухудшение технико-экономических показателей производственно-хозяйственной деятельности угледобывающих предприятий.

Решающим моментом при этом является обеспечение необходимых и достаточных условий, при которых вкладываемые капитальные вложения приводили бы к соответствующему снижению эксплуатационных издержек на добычу угля, основанием же для проведения реконструкции служат технико-экономическое обоснование и экономико-математическое моделирование и расчеты. При детальном рассмотрении вопроса необходимо учитывать большое число факторов: увеличение или изменение размеров шахтного поля, расположение, дальнейшее использование и переоборудование существующих стволов, проходку новых и так далее.

Учитывая необходимость снижения себестоимости добычи угля при реконструкции шахт, в большинстве случаев стремятся к достижению концентрации производства, сводящейся к объединению шахт или промышленных площадок главных стволов. Чаще всего поводом для реконструкции в этом случае является переход работ на следующий горизонт и связанная с этим недостаточная мощность подъема [46], или же желание использовать благоприятный момент для замены подъемной машины или повышения пропускной способности околоствольного двора.

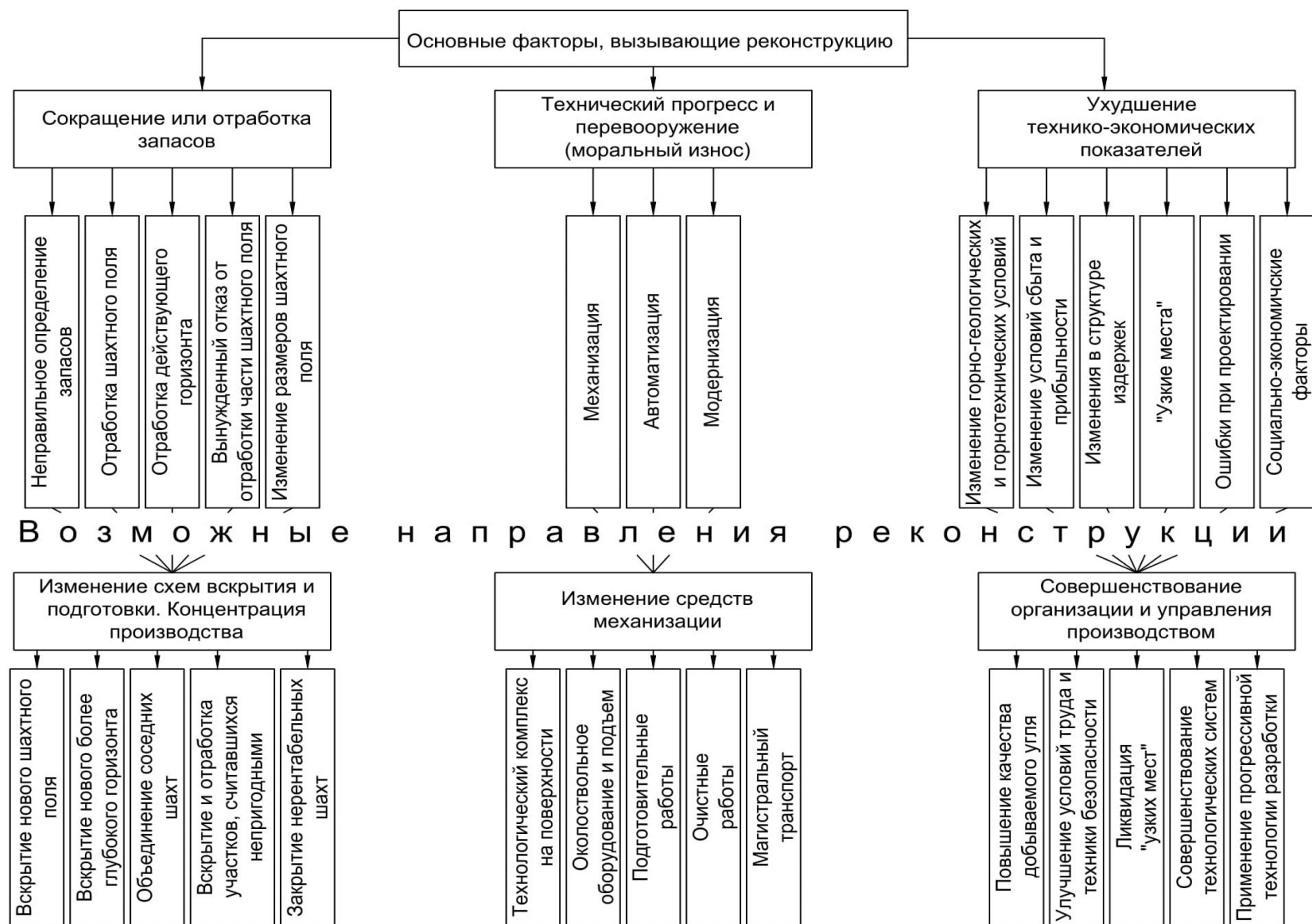


Рис.2.3 – Основные факторы, вызывающие реконструкцию технологических систем действующих угольных шахт

Изучая сложившуюся к моменту реконструкции шахты обстановку, проектировщики должны количественно оценить технический уровень отдельных производственных процессов и звеньев и установить на этой основе наиболее важные направления реконструкционных мероприятий.

«Узкие места» в шахтном хозяйстве сдерживают рост производственной мощности шахты и устранение их способствует улучшению основных показателей работы. В связи с этим происходит обновление части основных фондов, являющейся причиной ухудшения технико-экономических показателей горного предприятия [47].

В таблице 2.1 приводится группировка проектов реконструкции шахт Восточного Донбасса по видам работ, связанных с изменением основных фондов. Анализ [48] основных горно-геологических и экономических показателей до и после реконструкции в основном показал следующее:

- для большей части шахт, добывающих угли, пригодные для коксования, характерен небольшой прирост мощности. Главными причинами такого положения являются сложные горно-геологические условия и большая глубина разработки. На отдельных шахтах, добывающих энергетические угли и антрациты, производственная мощность может быть увеличена до 50% в результате повышения механизации очистных работ, совершенствования подземного транспорта и подъема, на что требуются относительно небольшие капиталовложения. Однако, дальнейшее увеличение мощности на этих шахтах возможно только после коренной реконструкции со значительными капиталовложениями.

Проектами реконструкции намечается, как правило, существенное увеличение скорости подвигания очистных забоев. Протяженность горных выработок в расчете на 1000 тонн суточной добычи по проектам, в большинстве, случаев сокращается в 1,5-2 раза по сравнению с фактической.

На шахтах с малыми капиталовложениями производительность труда возрастает в 1,1-1,5 раза, а на шахтах со значительными капиталовложениями – в 1,4-2 раза.

Таблица 2.1 – Группировка проектов реконструкции технологических систем угольных шахт

Наименование видов работ, связанных с изменением основных фондов	Число учтенных видов работ в проектах	%
1. Общее число учтенных видов работ. В том числе:	308	100,0
изменение основных элементов горного хозяйства (схема вскрытия и подготовки)...	28	9,1
подготовка новых горизонтов на шахтах с пологими пластами (главным образом антрацитовых)...	37	12,0
подготовка новых горизонтов на шахтах с крутыми пластами ...	7	2,3
изменение средств механизации подъемного транспорта и подъема...	32	10,4
изменение средств механизации очистных и подготовительных работ...	58	17,2
реконструкция шахтной поверхности...	52	16,9
другие виды работ, направленные на улучшение технико-экономических показателей (не приводящие к изменению основных элементов горного хозяйства)...	99	32,1
2. Изменение порядка отработки выемочных полей (кроме работ, учтенных в пункте 1)...	11	3,6

Рассматривая поводы для реконструкции, необходимо обратить внимание на периодически проводимые мероприятия по доведению производственных технических установок и оборудования до современного уровня технического развития. Поэтому одной из причин, вызывающих необходимость реконструкции шахты, может быть низкий технический уровень применяемых средств производства, их несоответствие современным или прогнозируемым направлениям прогресса техники и технологии подземной угледобычи.

При разработке проектов реконструкции необходимо большее внимание уделять вопросу анализа направлений совершенствования и модернизации горного хозяйства.

2.3 Анализ направлений совершенствования и модернизации горного хозяйства

Как показали проектные проработки, выполненные научными институтами в последнее время, попарное объединение шахт является промежуточной стадией укрупнения шахт угольных компаний, в результате чего обеспечивается частичная расконсервация значительных запасов высококачественных углей, находящихся в охранных и предохранительных целиках под промплощадками, подъездными путями и другими сооружениями, а также формируется необходимая концентрация горных работ.

Как было отмечено выше, основными направлениями реконструкции и модернизации шахт являются:

- концентрация и объединение мелких шахт в крупные предприятия, закрытие низкоэффективных шахт;
- реконструкция технологических комплексов поверхности;
- совершенствование схем вскрытия, подготовки и систем разработки отработки запасов шахтных полей;
- механизация и автоматизация основных производственных процессов и повышение коэффициента машинного времени использования горнодобывающей техники;
- резкое повышение нагрузки на очистной забой путем концентрации горных работ (технологические структуры «шахты-лава»), увеличения длины лав и скорости их подвигания;
- модернизация и увеличение пропускной способности подземного транспорта и шахтного подъема, общешахтной вентиляции;
- совершенствование организационных структур управления производством.

В технических проектах новых и реконструируемых предприятий используют новые прогрессивные решения по технологии и обогащению угля, внедряются новейшие средства комплексной механизации угледобычи, автоматизации и дистанционного управления, предусматривается новейшая

организация управления производством и др., что позволяет повысить производительность труда, улучшить технико-экономические показатели и повысить эффективность производства [49].

К новым технико-технологическим решениям относятся [50]:

- блочная схема отработки шахтного поля с размерами блоков по простиранию до 6.0 км и по падению до 2.5 км, что обеспечивает устойчивую работу шахты в течение 15–20 лет без выполнения существенных работ капитального характера по переустройству горного хозяйства;
- погоризонтная схема подготовки и отработки пласта в сочетании с системой разработки длинными столбами по падению и восстанию;
- нисходящее проветривание в пределах панели с рациональной схемой прямоточного проветривания и под свежем исходящей струи;
- применение мероприятий по искусственной дегазации спутников и разрабатываемого пласта, что позволяет поднимать нагрузку на лаву от 5000 до 15000 т/сутки;
- вскрытие конвейерным наклонным стволом и вертикальным вспомогательным;
- применение высокопроизводительных автоматизированных комплексов с механизированными крепями;
- концентрация горных работ со значительными нагрузками на забой вследствие реализации технологических структур отработки запасов «шахта-лава», «шахта-пласт»;
- проведение подготовительных выработок проходческими комбайнами типа КСП - 42, КСП - 32, П-110, КП - 21, Джой и др.;
- полная конвейеризация транспорта угля от забоя до погрузки в железнодорожные вагоны или аккумулирующие бункеры обогатительной установки;
- монорельсовый подземный транспорт вспомогательных материалов и людей;

- комплексная механизация и автоматизация производственных процессов в шахте и на поверхности, которая позволяет получить в проектах высокие технико-экономические показатели;
- оставление всей породы в шахте путем пневмозакладки ее в выработанное пространство лав для поддержания бутовых конвейерных выработок;
- блокировка зданий и сооружений на поверхности в единый комплекс;
- автоматизация и механизация вспомогательных процессов добычи, транспортировки и переработки угля;
- применение на скиповых подъемных установках большегрузных скипов и многоканатных подъемов, а также использование вагонеток большой емкости и т.д.

Перспективным считается проект, где принят прогрессивный способ вскрытия – главным наклонным стволом и вертикальными вспомогательными, сплошная конвейеризация транспорта угля от очистного забоя до погрузки его в железнодорожные вагоны. Система разработки – длинностолбовая с нарезкой столбов парными выработками и выемкой межстолбового целика совместно с очистным забоем при последовательной выемке. Применение этой системы снижает на 6-8% эксплуатационные потери. Для доставки людей, оборудования, материалов и породы целесообразно использовать монорельсовый транспорт. Крепление выработок следует осуществлять анкерной податливой крепью.

Для технико-экономического сравнения вариантов основными схемами вскрытия [50], как правило, являются:

- для пологопадающих пластов: вертикальные стволы и капитальные или погоризонтные квершлагги, ограничивающим фактором при выборе последних является размер шахтного поля по падению; наклонные стволы с поточной схемой транспорта угля и породы на базе высокопроизводительных ленточных конвейеров и вертикальные стволы для реализации вспомогательных операций с капитальными квершлагами;

- для наклоннозалегających и крутопадающих пластов – вертикальными стволами и этажными квершлагами.

В зависимости от горно-геологических условий предусматриваются следующие основные способы подготовки шахтных полей:

- для пологих пластов – магистральными выработками с системой разработки длинными столбами с выемкой по восстанию и падению (при углах падения до 12°), а при больших углах – панельный;

- для наклонных пластов – этажный;

- для крутых пластов – группирование сближенных пластов с полевыми магистральными штреками и промквершлагами или разделением на блоки.

В зависимости от горно-геологических условий (угол падения, мощность и газообильность) надлежит принимать [50]:

на пластах пологого и наклонного падения

- а) на пластах мощностью до 5 м – система разработки – длинные столбы по простиранию, а при углах падения до 12° – система разработки – длинные столбы по восстанию, а на необводненных пластах с углом до 6° – система разработки – длинные столбы по падению;

- б) на пластах мощностью более 5 м – система разработки с выпуском подкровельной толщи и наклонные слои с выемкой угля в каждом слое длинными столбами;

- в) на пластах мощностью более 7 м – комбинированная система разработки в разных вариантах с использованием гибкого перекрытия;

- г) для условий, в которых применение систем разработки длинными столбами невозможно или не оправдывается – комбинированную систему разработки;

- д) на пологих пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа, применять систему разработки длинными столбами по простиранию или падению (восстанию).

на пластах крутого падения

а) при мощности до 3,5 м – длинные столбы по простиранию в варианте лава – этаж с выемкой на передовые квершлагги, а при мощности более 1,5 м также длинные столбы с выемкой по падению и различные варианты щитовых перекрытий (арочное и др.).

б) для пластов мощностью более 3,5 м, не склонных к самовозгоранию, с выдержанным залеганием и устойчивыми боковыми породами – систему разработки полосами по восстанию с анкерованием кровли и закладкой выработанного пространства;

г) для пластов мощностью более 3,5 м, склонных к самовозгоранию, в условиях, когда невозможно применение перечисленных выше систем – слоевые системы разработки с закладкой выработанного пространства.

При реконструкции шахт следует предусматривать максимальное использование существующих выработок и оборудования, при этом проведение новых выработок, взамен существующих, должно обосновываться проектом и технико-экономическим расчетом [51,52,53].

Совершенствование и изменение схем вскрытия, подготовки и системы разработки на угольных шахтах вызывает реконструкцию и модернизацию технологических схем вентиляции и транспорта. Реконструкция в области вентиляции заключается в основном в установке новых вентиляторов с повышенными параметрами и в упрощении и улучшении схем проветривания.

Использование существующих выработок для проветривания не всегда удовлетворяет условиям вентиляции. В таких случаях могут быть осуществлены три варианта реконструкции вентиляционных сетей: в первом – существующие выработки расширяются до больших сечений, во втором – имеющиеся выработки сохраняются, но параллельно им проводятся дополнительные и в третьем – одновременно расширяются существующие и проводятся дополнительные параллельные выработки при различных сочетаниях сечений.

При выборе схемы вентиляции шахты, необходимо обеспечить простоту регулирования распределения воздуха, минимальное количество диагональных

соединений и минимально возможную в данных условиях депрессию (компрессию) шахты.

В области совершенствования технологической схемы транспорта необходимо предусматривать поточный транспорт, ликвидацию перегрузочных пунктов и создание бесступенчатой схемы от забоя до поверхности.

За последние годы почти полностью обновлена номенклатура поступающего на шахты оборудования для узкозахватной выемки угля. Энерговооруженность угольных комбайнов и забойных конвейеров возросла в разы и более, улучшены эксплуатационные качества и повышена надежность оборудования, что связано с использованием импортного горнодобывающего оборудования: Джой, ДБТ, Фазос, Пиома, Глиник и др. Усиление концентрации работ выразилось в сокращении числа очистных забоев и в одновременном росте нагрузки на очистной забой. Значительное число бригад добывают ежедневно из лавы 5000 тонн угля и более.

В связи с этим, предусматривается следующее.

1. В длинных очистных забоях использовать:

а) при пологом падении пластов и выемке их на полную мощность или слоями – комплексы оборудования на базе узкозахватных очистных комбайнов или струговые установки, безразборные передвижные забойные конвейеры и механизированные гидрофицированные крепи со средствами автоматизированного управления;

б) при наклонном и крутом падении пластов и выемке их на полную мощность или слоями, при управлении кровлей с полным обрушением или закладкой:

- комплексы оборудования на базе узкозахватных комбайнов или струговых установок и механизированных гидрофицированных крепей, а при необходимости использование оборудования для закладки;

- комплексы оборудования на базе щитовой крепи и выемочно-доставочных машин при выемке полосами по падению;

- комплексы оборудования на базе выемочных самоходных комбайнов, безразборных скребковых конвейеров и крепей совместно с оборудованием для закладки при выемке полосами по восстанию.

В сложных горно-геологических условиях, когда применение механизированных крепей неэффективно, предусматривать комплексы оборудования на базе узкозахватных комбайнов или струговых установок, безразборных передвижных забойных конвейеров, гидropередвижчиков к индивидуальной металлической крепи, забойных и посадочных стоек (преимущественно гидравлическими) с шарнирными верхняками.

2. В коротких забоях предусматривать комплексную механизацию нарезных и очистных работ путем применения однотипного самоходного оборудования, включающего комбайн или погрузочную машину, телескопический конвейер, самоходные вагонетки, бункер - перегружатель, механические средства бурения и установки анкерного крепления.

3. Проведение подготовительных выработок предусматривается наиболее экономичным способом при помощи:

а) проходческих агрегатов, механизующих все виды работ в подготовительных забоях;

б) проходческих или нарезных комбайнов по углям и проходческих комбайнов по породе в комплексе с перегружателями, самоходными вагонетками или бункер-поездами и крепеукладчиками, обеспечивающими непрерывную работу комбайнов и высокую эффективность их работы;

в) буропогрузочных машин и комплексов;

г) буросбoечных машин;

д) проведение одиночных и спаренных выемочных штреков широким ходом комплексами типа «КШК» или проходческими комбайнами Джой.

Основными тенденциями развития подземного транспорта и угольной промышленности в текущий период являются обеспечение непрерывности грузопотоков, т.е. конвейеризация, совершенствование рельсового транспорта в направлении увеличения сцепного веса локомотивов и грузоподъемности транспортных сосудов, автоматизация и диспетчеризация.

Применение конвейерного транспорта в горных выработках характеризуется абсолютной протяженностью конвейерных линий и их удельным весом в общей длине транспортных выработок.

По абсолютной протяженности подземных конвейерных линий угольная промышленность РФ опережает все зарубежные страны. Однако, по удельному показателю – длине конвейерных линий, приходящихся на 1 млн. тонн годовой добычи угля подземным способом, отечественная угольная промышленность, где этот показатель составляет 8,0 км, еще отстает от Китая, Австралии и США.

Трудоемкость работ на подземном транспорте шахт за последние годы систематически снижалась. Однако, темпы снижения трудоемкости недостаточны и отстают от аналогичных темпов большинства зарубежных стран.

Поэтому основным направлением реконструкции подземного транспорта на ближайшие годы будет совершенствование конвейерного и локомотивного транспорта и улучшение показателей их работы.

1) Конвейеризация доставки угля от лавы до стационарных погрузочных пунктов, а в отдельных случаях до главных грузовых стволов. Как правило, предусматриваются следующие виды основного подземного транспорта:

- для доставки угля по главным горизонтальным выработкам – конвейерный транспорт или локомотивная откатка секционными поездами или вагонетками с разгрузкой через дно (отдается предпочтение конвейерному транспорту);

- для транспорта угля по горизонтальным и наклонным выработкам выемочных полей – конвейерный транспорт;

- по капитальным бремсбергам и уклонам при пологом падении – транспорт угля ленточными конвейерами, при наклонном падении (18-35 градусов) – конвейерами специальных конструкций;

- при системе разработки короткими механизированными забоями транспорт угля из камер до погрузочных пунктов на откаточных штреках, в зависимости от мощности и угла падения пласта – самоходными вагонетками и

конвейерами. Поэтому при соответствующих технико-экономических обоснованиях необходимо применять сплошную конвейеризацию угля от очистных забоев до околоствольного двора, а при наклонных стволах до поверхностного комплекса.

2) Замены вагонеток малой грузоподъемности большегрузными вагонетками емкостью 3-5 тонн, а в отдельных случаях более 5 тонн, как с глухим кузовом, так и с боковой или донной разгрузкой, а также применение локомотивов с повышенным сцепным весом.

Достигнутая средняя грузоподъемность одной вагонетки превышает средние грузоподъемности вагонеток, применяемых на шахтах западноевропейских стран, но значительно уступает шахтам США, где эта величина составляет 5,5 тонн.

3) Увеличение скорости движения составов за счет резкого повышения качества рельсовых путей, хорошей щебеночности или гравийной балластировки, настилки рельсов тяжелого типа (до 38-43 кг/м) на железобетонных или пропитанных антисептиками деревянных шпалах, сварки стыков. Для уменьшения парка вагонеток наиболее целесообразным является повышение скорости движения. Обычно это требование на шахте выполняется при вводе в эксплуатацию нового горизонта.

4) Организация диспетчерской службы на транспорте и внедрения громкоговорящей связи с подвижным составом в пути, широкое применение дистанционного перевода стрелок с электровозов с помощью пневмоприводов, управляемых специальными кранами (за пределами околоствольных дворов), и внедрения систем СЦБ, ЧУС в околоствольных дворах с интенсивным движением.

5) Бункеризация угля как в пределах участка, так и в околоствольных дворах со строительством новых бункеров большей емкости, равной примерно 10% суточной добычи шахты. В пунктах сопряжения разветвленных конвейерных линий предусматривается оборудование аккумулирующих емкостей в виде горных бункеров или бункер-конвейеров, которые также

широко должны применяться для сглаживания неравномерности грузопотока угля в «пиковые» периоды в узлах сопряжения лавы с конвейерной выработкой.

б) Внедрение вспомогательного транспорта на конвейеризированных шахтах и участках так называемой малой механизации, монорельсовых дорог для доставки материалов к очистным забоям, различных устройств для производства путевых работ и т.д. Широкое применение получит монорельсовый и моноканатный транспорт, самоходные грузовые и грузолюдские безрельсовые транспортные средства, автоматизированные тельферы с программным управлением.

Широкое использование в промышленности строительства получили типовые проекты зданий и сооружений вспомогательного назначения. Опыт показывает, что для угольной промышленности, где технология производства в основном долгое время не меняется, целесообразнее разрабатывать комплексные типовые проекты.

Для реконструируемых шахт, размещаемых на одной промышленной площадке, проектировать объединенное складское хозяйство с общими подъездными путями и подъемно-транспортным оборудованием гораздо целесообразнее.

При проектировании складов лесных и крепежных материалов предусматривать складскую и транзитную формы поставок исходя из видов материалов, расстояния их доставки с центральных баз угольных предприятий и складов поставщиков.

При расположении на одной промплощадке шахты и обогатительной фабрики необходимо максимально объединить вспомогательные сооружения: административно-бытовые здания, котельные, электроподстанции, склады, объекты водо-газо-теплоснабжения, канализации и т.п.

Проектирование транспортных сооружений и устройств центральных и групповых обогатительных фабрик, а также породотвального транспорта ведется в увязке с принятым видом транспорта на шахтах.

Удельный вес трудоемкости работ на поверхности шахт в общей трудоемкости работ по добыче как в РФ, так и основных угледобывающих странах довольно велик и в настоящее время составляет 20-26 процентов.

Модернизация поверхностного комплекса и шахтного подъема на большинстве шахт осуществлялось путем реконструкции и расширения стволов, замены армировки (рис.2.4), перехода на большегрузные скипы и применения многоэтажных клетей, увеличения скорости подъема, создания аккумулирующих бункеров в околоствольных дворах для ритмичной работы скипового подъема и другие мероприятия.

Реконструкция подъема направлена на увеличение пропускной способности стволов за счет установки автоматизированных скиповых подъемов, а также за счет механизации обмена вагонеток в надшахтном здании.

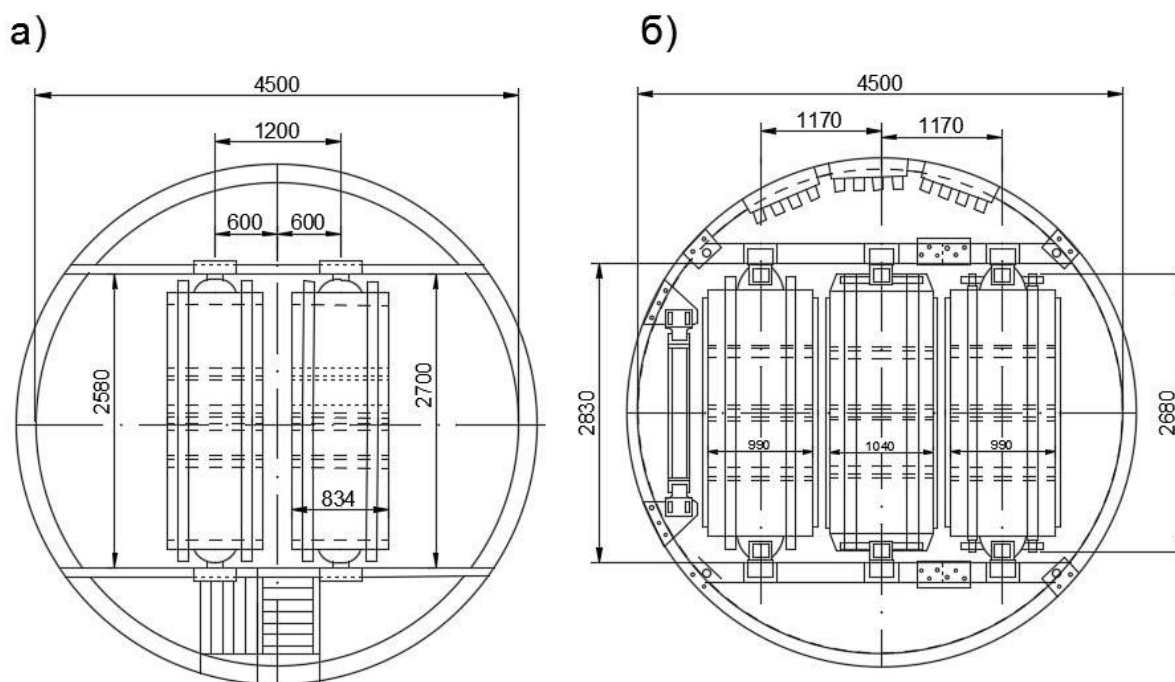


Рис.2.4 – Расположение подъемных сосудов в стволе угольной шахты:
а – до реконструкции; б – после реконструкции

Реконструкция шахт в первую очередь преследует цели упорядочения поверхностного комплекса. В результате этого достигается сокращение численности рабочих и снижение эксплуатационных расходов.

ВЫВОДЫ

1. Увеличение протяженности и формирование роста причин неудовлетворительного состояния пространственно-планировочной сети горных выработок существенно усложняет функциональные возможности транспортных и вентиляционных магистралей. Данные тенденции приводят к появлению «узких» мест в пропускной способности основных технологических звеньев производства (транспорт-подъем, вентиляция). Наличие «узких» звеньев является основной причиной, побуждающей к проведению реконструкции, которая связана с проведением специальных разноплановых технико-технологических мероприятий.

2. Основные проектные решения по реконструкции (способы вскрытия, подготовка шахтного поля и планировка горных работ) следует обосновывать путем технико-экономического сравнения вариантов с применением экономико-математических методов и программного обеспечения. С учетом этого необходимо обеспечить концентрацию горных работ, которая обеспечивает высокие нагрузки на очистной забой, наклонную выработку, горизонт и пласт, минимальный объем проходимых и поддерживаемых выработок, бесступенчатый и, по возможности непрерывный транспорт и прямоточное проветривание.

3. При реконструкции шахт следует предусматривать максимальное использование существующих выработок и оборудования, при этом проведение новых выработок, взамен существующих, должно обосновываться проектом и технико-экономическим расчетом. При наличии благоприятных горно-геологических и горнотехнических условий в проектах реконструкции следует предусматривать наклонное вскрытие (поточная схема вскрытия) и технологические структуры отработки запасов «шахта-лава» с минимальным объемом проводимых и поддерживаемых горных выработок.

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫБОРА ОБЪЕКТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ И ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

3.1 Выбор проектных вариантов реконструкции и их экономическая оценка

Экономическая целесообразность и производственная необходимость строительства и реконструкции предприятия должна основываться на базе ТЭО (технико-экономического обоснования) [54].

Сущность оптимального подхода на базе ТЭО заключается в том, чтобы из множества возможных при данном исходном уровне вариантов выбрать наилучший по определенному критерию. При этом предполагается комплексный и объективный учет факторов и условий, влияющих на формирование вариантов и их экономическую эффективность, а также использование специальных количественных методов, которые позволили бы производить выбор наиболее эффективных вариантов и их углубленный анализ [55].

Математическая постановка задачи оптимизации технико-экономического обоснования развития шахтного фонда угольных компаний с отысканием наивыгоднейшего распределения капитальных вложений между различными объектами и техническими мероприятиями выражается минимизацией суммарных затрат:

$$\sum_i^n \sum_j^m C_{ij} X_{ij} \rightarrow \min \quad (3.1)$$

с соответствующими ограничениями, где:

C_{ij} - стоимость j-ой продукции по i-ому варианту;

X_{ij} - объем j-ой продукции по i-ому варианту.

Развитие угольных компаний требует правильно обоснованного выбора строительства новых или реконструкции (с увеличением производственной

мощности) действующих предприятий, при котором данный регион и угольная компания в целом получила бы наибольший экономический эффект.

Возможные варианты предусматривают: закрытие, реконструкцию (в том числе углубку стволов и объединение шахт) или строительство новых. Обеспечение заданного объема добычи угля в регионе можно осуществить путем различных вариантов, например:

а) действующий шахтный фонд не реконструируется, поддержание добычи сохраняется за счет проведения углубки стволов шахт. Недостающее количество угля до потребности обеспечивается новым строительством шахт на резервных участках;

б) действующий шахтный фонд реконструируется и углубляется, строятся новые шахты и т.д.

При этом в реконструкции могут участвовать различные шахты, количество которых зависит от производственной мощности предприятий, способных дать необходимую добычу по угольной компании. Целесообразнее всего реконструкцию осуществлять на предприятиях, где будут получены наилучшие производственные показатели.

Поэтому предлагается на стадии ТЭО развития угольной компании оценивать шахтный фонд путем определения основных технико-экономических показателей по экономико-статистическим моделям.

Определение технико-экономических показателей, а тем самым и выбор лучшего технологического варианта на предпроектной проработке, связаны с весьма ограниченной информацией об объекте, что влечет за собой чисто символические расчеты.

Учитывая вышеизложенное на базе использования минимальной горно-геологической информации были разработаны модели, позволяющие определить ожидаемую величину основных технико-экономических показателей с помощью вероятностно-статического подхода [55]:

$$C = 15,0 - 9,364 \cdot 10^{-3} \cdot D + 2,26 \cdot 10^{-6} \cdot D^2 - 0,1808 \cdot 10^{-9} \cdot D^3 - 2,272 \cdot m + 0,424 \cdot n + 0,02598 \cdot H + 0,0954Z + 0,6196 \cdot m^2 - 0,0176 \cdot n^2 - 0,0000384 \cdot H^2 - 0,0003 \cdot Z^2 - 1,8171 \cdot 10^{-2} \cdot A + 0,26387 \cdot 10^{-4} \cdot A^2 - 0,01064 \cdot 10^{-6} \cdot A^3 \quad (3.2)$$

где: D – производственная мощность шахты, тыс.т/год;

m – средняя разрабатываемая мощность пласта, м;

n – количество разрабатываемых пластов, ед.;

H – глубина разработки, м;

Z – протяженность горных выработок, км;

A – нагрузка на очистной забой, тыс.т/год.

$$K = -11,02 + 14,06 \cdot 10^{-3}D - 4,865 \cdot 10^{-6} \cdot D^2 + 1,219 \cdot 10^{-9} \cdot D^3 - 9,44 \cdot m + 3,7 \cdot n + 0,085 \cdot H + 0,218 \cdot Z + 2,0 \cdot m^2 - 0,286 \cdot n^2 - 1,35 \cdot 10^{-4} \cdot H^2 - 9,5 \cdot 10^{-4} \cdot Z^2 - 1,904 \cdot 10^{-2} \cdot A - 0,052 \cdot 10^{-4} \cdot A^2 + 0,087 \cdot 10^{-6} \cdot A^3 \dots \quad (3.3)$$

Используя полученные значения эксплуатационных и капитальных затрат можно оценить экономическую эффективность предлагаемого проектного варианта на стадии ТЭО:

$$S_{\text{пр.}} = C + E_H K \rightarrow \min$$

$$(E_H = 0,10)$$

$$S_{\text{пр.}} = 13,998 - 7,958 \cdot 10^{-3} \cdot D - 1,7735 \cdot D^2 - 0,0589 \cdot 10^{-9} \cdot D^3 - 3,216 \cdot m + 0,794 \cdot n + 0,03448 \cdot H + 0,1172 \cdot z + 0,8196 \cdot m^2 - 0,0462 \cdot n^2 - 0,0000419 \cdot H^2 - 0,000395 \cdot Z^2 - 2,0075 \cdot 10^{-2} \cdot A + 0,25867 \cdot 10^{-4} \cdot A^2 - 0,00977 \cdot 10^{-6} \cdot A^3 \dots \quad (3.4)$$

Для каждой действующей шахты должны разрабатываться и подвергаться дальнейшей экономической оценке, обоснованные с инженерной точки зрения, целесообразные для конкурентных условий каждой шахты конструирующие шахтоварианты [56]. К ним могут относиться:

- реконструкция шахты с тем или иным приростом мощности (либо продлением срока службы предприятия без увеличения его мощности),

осуществляемая в те или иные годы периода оптимизации в том или ином техническом обоснованном варианте;

- модернизация отдельных технологических звеньев предприятия с устранением выявленных или ожидаемых «узких» мест, вводом новой техники, совершенствованием параметров систем разработки и повышением уровня концентрации производства;

- объединение мелких шахт;

- проведение необходимых мер по поддержанию мощности предприятия;

- досрочная ликвидация или консервация отдельных особо низкоэффективных мелких шахт, разрабатывающих пласты угля недефицитных марок в весьма сложных горно-геологических условиях.

По каждому шахтоварианту рассчитываются периоды добычи угля, зольности, годовых эксплуатационных затрат, общих капитальных вложений и прибыли. В расчетах этих показателей принимаются во внимание основные тенденции, их изменения по годам при данном шахтоварианте (изменение добычи и себестоимости по годам начального освоения мощности шахты при переходе горных работ на пласты иной мощности и т.д.).

На формирование конечного уровня экономической эффективности различных альтернативных вариантов технико-технологических решений шахты оказывают влияние ряд существенных факторов. Основополагающими являются: объем инвестиций, срок строительства, календарный план распределения капиталовложений по годам строительства, объем годовой добычи, качество добываемого угля, период развития добычи, а также себестоимость и рентабельность.

Совершенно очевидно, что для этих целей необходим один интегрированный критерий, который бы обладал объединяющей функцией всего комплекса экономических показателей и позволил бы проранжировать все варианты.

В качестве интегрального критерия принимается критерий на базе стоимостной оценки проектных вариантов реконструкции [55] с учетом объема

капиталовложений, сроков строительства и распределения капиталовложений по годам, года ввода шахты в эксплуатацию, объема добычи, уровня себестоимости и цены.

Для строящейся шахты:

$$\Delta\Pi_{it} = \frac{\sum_{i=1}^{i=\tau} [D_{it}(\Pi_{it} - C_{it}) - E_H \cdot K_{it}] \cdot (K_t + 1)}{\sum_{i=1}^{i=\tau} D_{it}} \quad (3.5)$$

Для шахты, подлежащей реконструкции:

$$\Delta\Pi_{it} = \frac{\sum_{i=1}^{i=\tau} [D_{it}(\Pi_{it} - C_{it}) - K_{\phi it}^\circ - E_H(K_{\phi it} + K_{it})] \cdot (K_t + 1)}{\sum_{i=1}^{i=\tau} D_{it}} \quad (3.6)$$

где:

$\Delta\Pi_{it}$ – отклонение количественной величины прибыли от ее нормативного значения за определенный временной период строительства при наличии ее положительного значения $\Delta\Pi$, наиболее экономичным и эффективным является проектный вариант, обеспечивающий максимальный уровень $\Delta\Pi$,

i – порядковый номер проектного варианта;

τ – временной тренд сравнения в сопоставлении сроков строительства и периода эксплуатации, равный сроку окупаемости вложенных инвестиций, представляет период оптимизации и рекомендуется продолжительностью в 15 лет;

t – календарный год оценки τ ;

D_{it} – объем добычи по i -му варианту в t -м году периода в тыс.тонн;

$\Pi_{it} - C_{it}$ – средняя оптовая цена и себестоимость 1 тонны угля для i -го варианта в t -м году в руб.;

E_H – отраслевой нормативный коэффициент экономической эффективности капиталовложений;

K_t – коэффициент дисконтирования;

K_{it} – величина капитальных затрат по i -му варианту произведенных в t -м году периода τ , нарастающим итогом (за вычетом погашенных в этом году), в тыс.руб;

$K_{\phi it}^{\circ}$ – ущерб от ликвидации недоамортизированных основных фондов реконструируемого предприятия по i -му варианту в t -м году, тыс.руб;

$K_{\phi it}$ – балансовая стоимость используемых основных фондов реконструируемой шахты в t -м году по варианту i , за вычетом погашенных, в тыс.руб.

Этот критерий представляет собой отклонение величины прибыли от ее нормативного уровня.

Преимуществом предлагаемого критерия является возможность учета экономического преимущества варианта, отличающегося от других размерами и очередностью капиталовложений, сроком строительства, качеством добываемого угля. Кроме того, критерий $\Delta\Pi$ позволяет учитывать динамику изменения всех показателей по годам строительства и эксплуатации шахты.

К рассмотрению предлагаются три качественно принципиальные схемы показателей работы шахты C_i при реконструкции (рис. 3.1).

Первая схема. Показатели работы шахты без проведения реконструкции из-за ряда горнотехнических факторов постоянно снижаются (линия k-a). В результате реконструкции показатели работы предприятия стали улучшаться (линия a-b). Показатели сравниваемого периода по отношению к показателям базового изменились на величину ΔC_i , но при этом не учтена величина снижения показателя за период $t - t'$, которая компенсирована приростом показателей за счет реконструкции, в данном случае составляет $\Delta C_i'$. Величина отклонения фактического прироста показателей от прироста показателей, определенного по отношению к базовому году, составляет:

$$\Delta C_1'' = \Delta C_1' - \Delta C_1 \quad (3.7)$$

Вторая схема. Показатели работы предприятия относительно стабильны и в дальнейшем нет основания ожидать их снижения (линия k-a).

В этом случае $\Delta C_2 = \Delta C_2'$, т.е. величина отклонения $\Delta C_2'' = 0$.

Третья схема. В связи с общим техническим прогрессом в промышленности, показатели работы шахты постоянно улучшаются (линия k-a). Реконструкция шахты позволила несколько повысить темпы роста

показателей (линия a-b). Если сравнивать показатели после реконструкции только с показателями базового года, то эффективность мероприятий непосредственно по реконструкции будет завышена на величину.

$$\Delta C_3'' = \Delta C_3 - \Delta C_3'$$

Таким образом, при динамике показателей работы реконструируемых шахт по первой и третьей схемам для правильной оценки фактического эффекта реконструкции шахты или отдельных ее объектов, необходимо определять и учитывать величины $\pm \Delta C_i''$. Для первой схемы фактический эффект равен $\Delta C_1 + \Delta C_1''$, для третьей - $\Delta C_3 + \Delta C_3''$.

Определение величины $\Delta C_i''$ в каждом конкретном случае производится на основании тщательного анализа организационно-технических возможностей действующего предприятия за период $t - t'$. Практически это сводится к тому, что на момент сравниваемого года для реконструируемого предприятия на основании проектной проработки устанавливаются возможные изменения рассматриваемых показателей без проведения реконструкции.

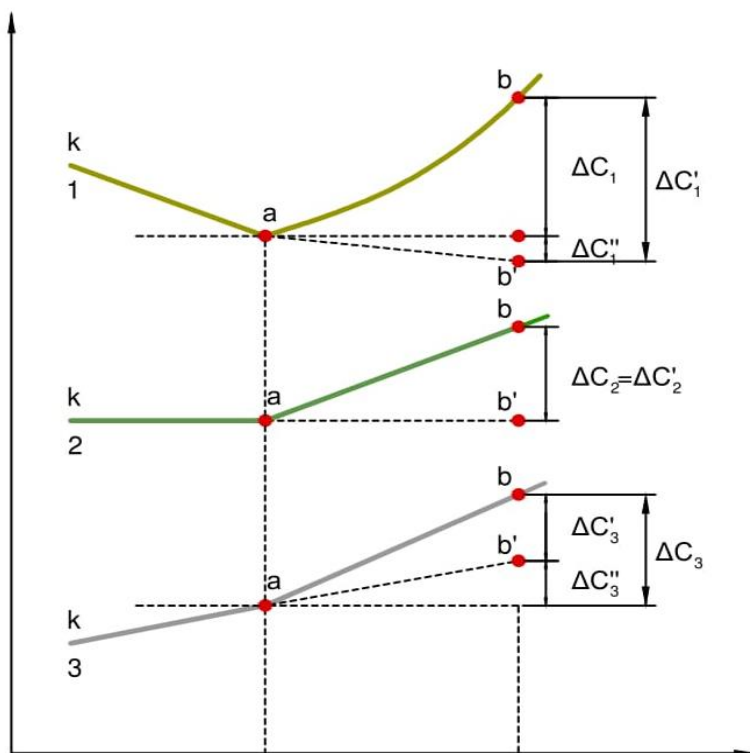


Рис. 3.1 – Схемы показателей работы шахт базового и сравниваемого периодов

3.2 Технологическое обоснование реконструкции технологических систем угольных шахт на базе квалиметрической интегральной оценки георесурсного потенциала и основных уровней производства

Проблема устойчивой стабилизации основных проектных решений, качественных и количественных параметров проектируемой шахты на уровне оптимальных с позиции любого периода ее эксплуатации, может быть реализована с помощью проектирования по этапам.

Метод поэтапного проектирования [57] предусматривает конструирование технологической системы угледобывающего предприятия, как саморазвивающейся технико-технологической системы с оптимальным уровнем управления в течение всего периода работы.

Под этапом проектирования угольных шахт понимается интервал времени, соответствующий отработке значительного количества запасов месторождения полезных ископаемых и регламентирующий деятельность шахты на достаточно длительный период, в течение которого не происходят существенные коренные изменения в методах ведения горных работ, схемах и способах вскрытия, подготовки, системах разработки, структуре комплексной механизации и компоновке генерального плана поверхности шахты.

При обосновании длительности этапа, основная роль отводится «долгожитию» параметров шахты и ее технологических схем. Исследованиями [58], проведенными МГИ и ИФЭ АН, определены сроки «долгожития» отдельных элементов технологических систем шахт Кузнецкого и Донецкого бассейнов.

Для шахт Кузбасса рекомендуются следующие оценки доверительных интервалов:

- по группе основных элементов технологической схемы: схема вскрытия, схема подготовки, схема вентиляции, технологический комплекс поверхности, схема транспорта и др. - средняя длительность периода «долгожития» по вышеуказанным технологическим звеньям шахт заключена в интервале $\tau = 19 - 22$ лет;

- по группе более частных элементов технологических схем шахты, их параметрам, средствам механизации, их структурам и схемам: системы разработки, способы и схемы проведения выработок, схемы подготовки, схема транспорта и приемно-отправительных операций на поверхности и др. - средняя оценка долгожития» составляет $\tau = 9$ лет.

Для шахт Донецкого бассейна длительность периода «долгожития» по перечисленным технологическим звеньям шахт колеблется в интервале $\tau = 17-19$ лет.

Величина «долгожития» основных элементов технологических систем угольных шахт подтверждается опытом реконструкции на отечественных шахтах.

Период относительно стабильного развития шахт в существенной степени зависит от технического прогресса в области концентрации горных работ, в первую очередь от нагрузки на очистной забой.

В период относительно стабильного развития шахт, фактический прирост нагрузки на шахту может превысить проектную мощность более чем на 15 - 20%, в основном за счет частичной модернизации отдельных технологических звеньев шахты, использования оборудования более высокого уровня.

Более существенному приросту фактической нагрузки должен предшествовать такой же прирост проектной мощности шахт с опережением на будущее. Существенные изменения проектной мощности происходят редко, как следствие технического прогресса отрасли.

Как показали исследования, циклы технического прогресса, в целом по угольной промышленности повторяются через 15-20 лет, что собственно и определяет периодичность проведения реконструкции на шахтах.

Наращение проектной мощности и других показателей в такие периоды происходит скачкообразно, после проведения реконструкции (рис. 3.2).

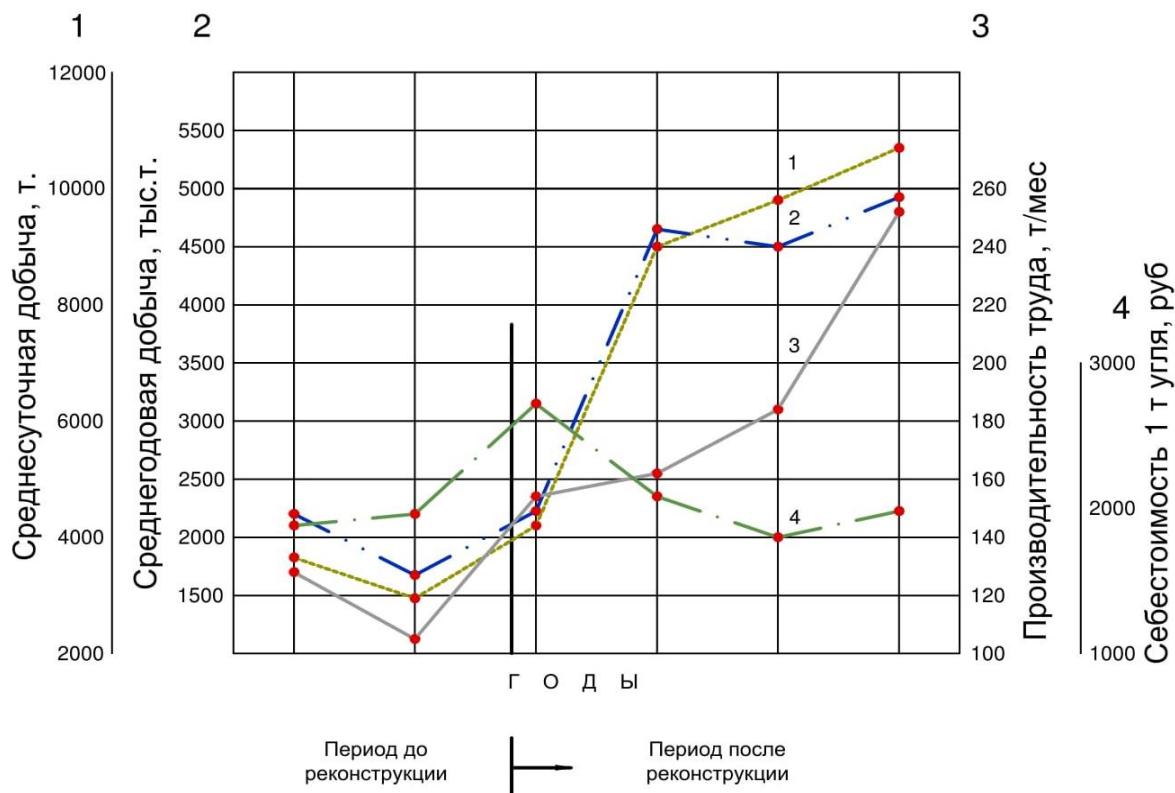


Рис.3.2 – Показатели работы шахт, разрабатывающих пологие пласты

Это обуславливает проектирование шахт по этапам и динамическое развитие проектной мощности шахт.

Проведенные исследования позволили сделать ряд рекомендаций по определению количества и длительности этапов в развитии. Были получены корреляционные зависимости, позволяющие определить длительность этапа в зависимости от первоначальной проектной мощности шахты, угла падения и мощности пласта [59]:

$$\tau_1 = 12,0 + 0,006 \cdot A_{\text{пр}}^{\circ}; \alpha < 20^{\circ}; m < 1,5 \text{ м} \quad (3.8)$$

$$\tau_1 = 10,1 + 0,0056 \cdot A_{\text{пр}}^{\circ}; \alpha < 25^{\circ}; m > 1,5 \text{ м} \quad (3.9)$$

$$\tau_1 = 13,54 + 0,002 \cdot A_{\text{пр}}^{\circ}; \alpha < 25^{\circ}; m < 1,5 \text{ м} \quad (3.10)$$

Длительность этапа возрастает на шахтах с худшими горно-геологическими условиями, т.е. с $\alpha > 25^{\circ}$ и $m < 1,5 \text{ м}$.

Вопрос о реконструкции шахт принципиально отличен от реконструкции предприятий других отраслей, т.к. на определенном этапе своего существования необходимо устранить моральное старение технологических

звеньев, без которого дальнейшая нормальная работа шахты невозможна. Поэтому реконструкцию, как наиболее радикальный способ технического перевооружения действующего предприятия необходимо проводить комплексно по всей шахте, т.е. совершенствуя все технологические узлы горного предприятия.

В процессе исследований для решения поставленных задач были использованы методы теории принятия сложных решений и квалиметрии, теории игр. Разработанная последовательность действий (блок-схема) алгоритма принятия соответствующих решений по выделенной группе шахт, технологические системы которых должны подвергнуться реконструкции представлена на рис. 3.3. Автором предлагается следующий методический подход [60, 61]. На основе вышеперечисленных методов сформированы целевые функции интегральных функционалов, которые объединяют и суммируют в одно целое комплексы частных показателей-критериев оценки.

После реализации процедуры расчетов всех групп интегральных показателей-критериев, оценивающих благоприятность горно-геологических, производственно-технических и социальных условий, а также результирующий обобщающий уровень суммарных условий ($K_{\text{усл}}$), производственно-техническую и экономическую эффективность работы шахт, обобщающий уровень технико-экономической эффективности ($K_{\text{рез}}$), технический уровень схем вскрытия и подготовки шахтных и выемочных полей ($K_{\text{вл}}$), результативность научно-технического прогресса в формировании технологических систем угольных шахт ($K_{\text{тп}}$) в окончательном виде формируется большой объем аналитической информации, анализ которой итеративно требует соблюдения продукционных правил ее обобщения, в конечном итоге выделяются структурно-определенные группы шахт, объединенных одной целью - закрытие, реконструкция, консервация или развитие [62, 63, 64].

Процедура спецификации интегральной оценки предусматривает выбор целевой функции интегральных критериев (функционалов). В общем случае

может быть использована аддитивная, мультипликативная или полилинейная форма.

В результате проведенных исследований был выявлен обязательный учет нормального закона распределения относительных отклонений оценочных показателей: - исходя из этого выбран интегральный функционал следующей формы:

$$K_{\text{инт.}j} = f\{\delta_{ij}\} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_{ij}^2} \rightarrow \min \quad (3.11)$$

где i - количество показателей оценки технологических систем угольных шахт, используемых в целевой функции интегрального критерия; δ_{ij} - стандартизированное значение j -го показателя.

Для обеспечения условий параметризации предложенного критерия предлагается определять весовые оценки каждого оценочного показателя.

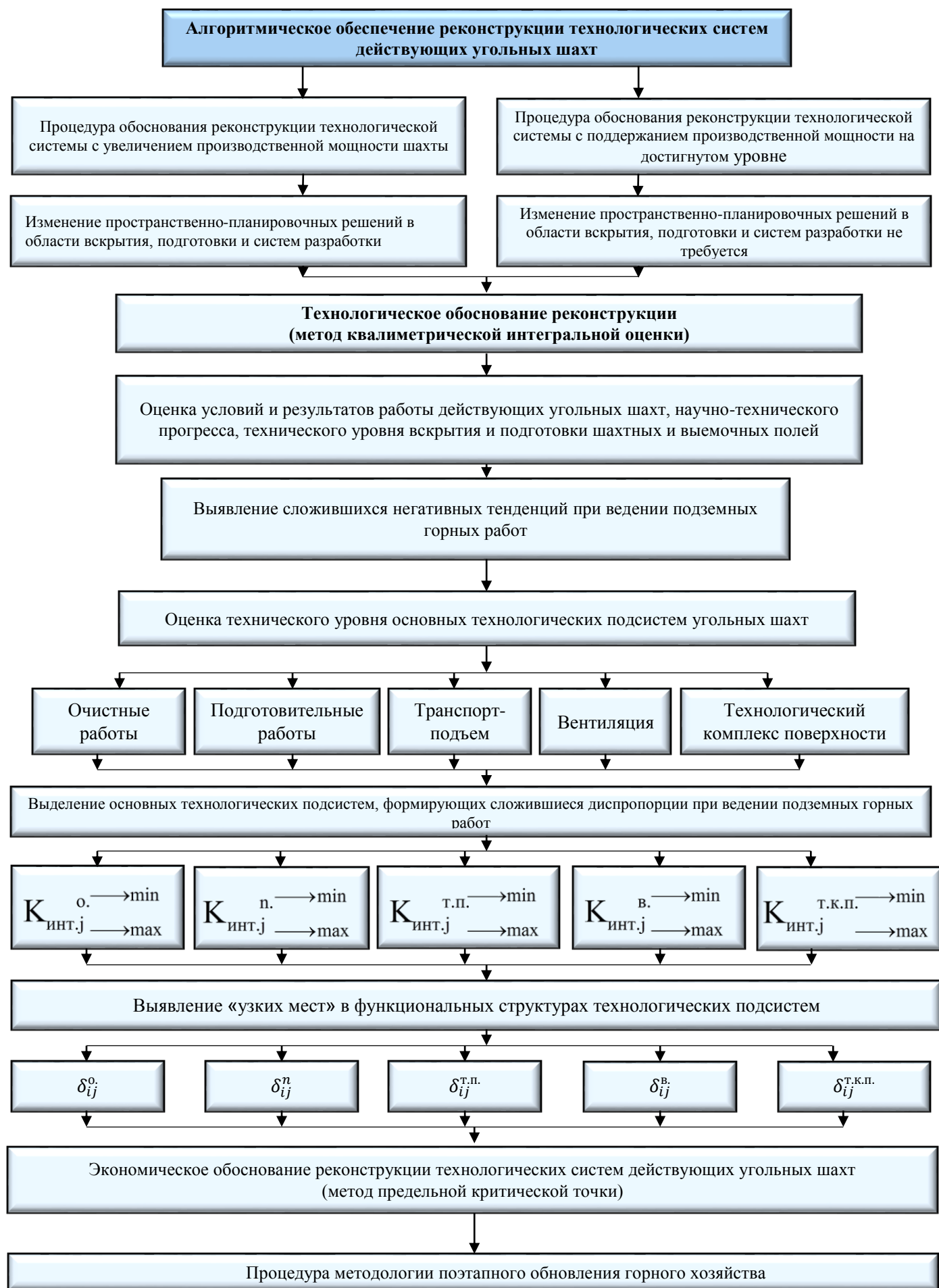
Реализация математического аппарата параметризации интегрального функционала (определение коэффициентов важности или весомости) выполнена с привлечением метода экспертного опроса типа «Делфи».

С учетом этих составляющих окончательная целевая функция интегрального критерия приобретает вид:

$$K_{\text{инт.}j} = f\{\varphi\}, \{\delta_{ij}\} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\sigma_{ij} \cdot \varphi_i)^2} \rightarrow \min \quad (3.12)$$

где φ_i – весовой коэффициент значимости i – го показателя.

Фрагментарное описание частных показателей – критериев оценки, характеризующих технический уровень вскрытия-подготовки, очистных и подготовительных работ, транспорта-подъема, вентиляции, технологического комплекса поверхности с соответствующими коэффициентами важности приведено ниже.



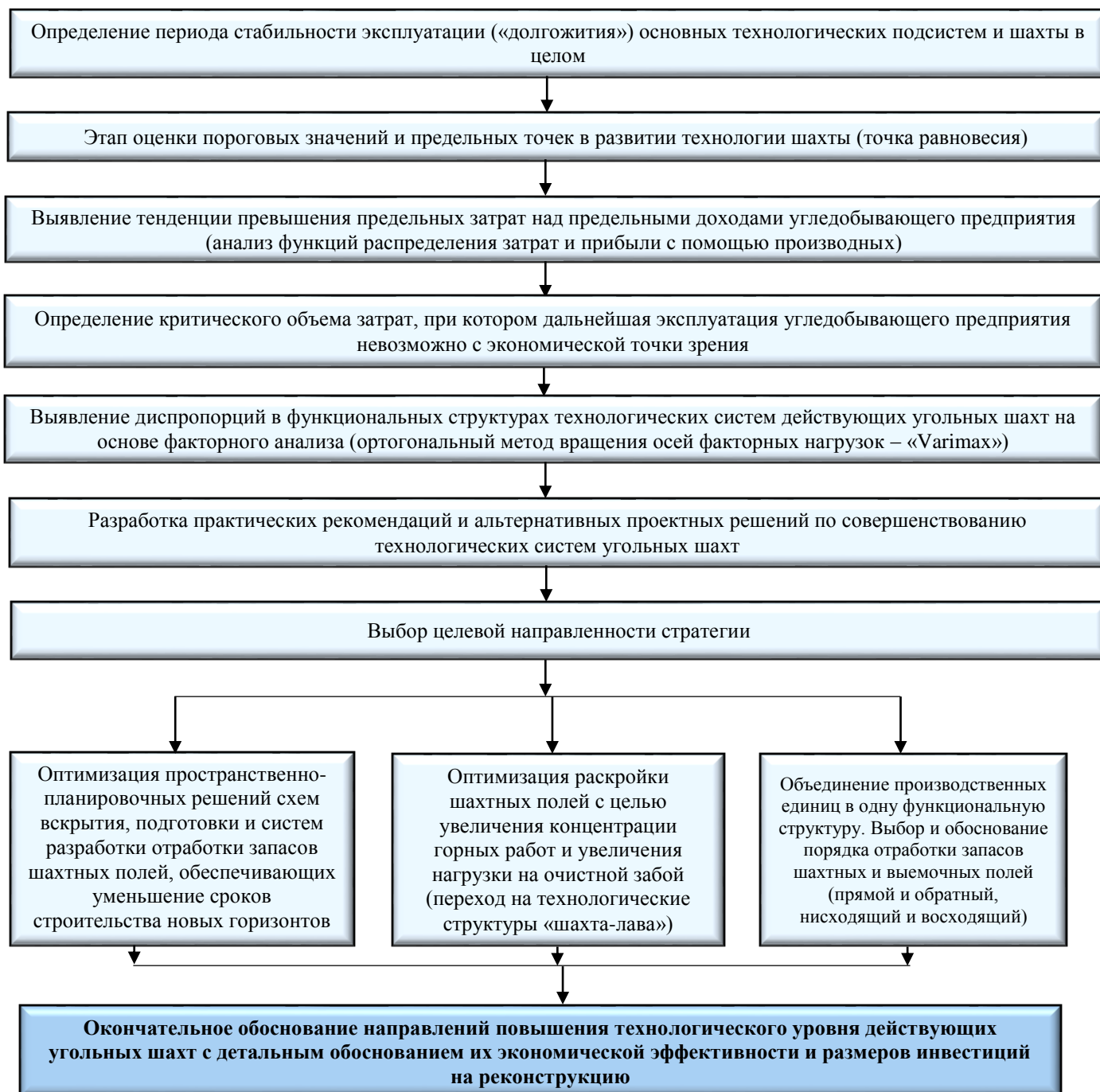


Рис. 3.3 – Общая последовательность действий (блок-схема) при выборе и обосновании проектных решений по кластеру шахт, технологические системы которых подлежат реконструкции

Показатели-критерии оценки технического уровня схем вскрытия шахтных и выемочных полей

Схема вскрытия шахтных и выемочных полей нацелена на обеспечение следующих требований:

1. Обеспечение рационального, экономичного и безопасного доступа с поверхности к промышленным запасам шахтных и выемочных полей. Данное требование оценивается показателями, определяющими соотношение вскрытых промышленных запасов угля к соответствующему объёму и протяжённости системы главных и дополнительных вскрывающих горных выработок (главные и вспомогательные стволы, вентиляционные шурфы, квершлагги):

- коэффициенты продуктивности топологической сети главных и вспомогательных вскрывающих выработок (схемы вскрытия) по промышленным запасам (коэффициент важности – 19.5):

$$I_1 = \frac{Z_B}{\sum_{i=1}^{n_0} F_{0.B.i} \alpha_{0.B.i} + \sum_{i=1}^{n_B} F_{B.B.i} \alpha_{B.B.i}}, \text{ тыс.тонн/м}^3$$
$$I'_1 = \frac{Z_B}{\sum_{i=1}^{n_0} \alpha_{0.B.i} + \sum_{i=1}^{n_B} \alpha_{B.B.i}}, \text{ тыс.тонн/м} \quad (3.13)$$

где Z_B - промышленные запасы шахтных и выемочных полей, вскрытые выработками соответствующего назначения, тыс.тонн,

$\alpha_{0.B.i}, \alpha_{B.B.i}$ – длина i -ой выработки, м,

$F_{0.B.i}, F_{B.B.i}$ – сечение i -ой выработки, м²,

n_0, n_B – общее число основных и вспомогательных вскрывающих выработок.

2. Обеспечение соответствующего уровня подъёма и спуска вспомогательных грузов, людей и выдачу всей массы полезного ископаемого. Данное требование оценивается следующими показателями-критериями:

- коэффициенты продуктивности топологической сети главных и вспомогательных вскрывающих выработок по объёму добываемого угля (коэффициент важности 18.5):

$$I_2 = \frac{A_{ш.г.}}{\sum_{i=1}^{n_0} F_{0.B.i} \alpha_{0.B.i} + \sum_{i=1}^{n_B} F_{B.B.i} \alpha_{B.B.i}}, \text{ тыс.тонн/м}^3 \quad (3.14)$$

$$I'_2 = \frac{A_{\text{ш.г.}}}{\sum_{i=1}^{n_0} \alpha_{\text{O.B.}i} + \sum_{i=1}^{n_B} \alpha_{\text{B.B.}i}}, \text{ тыс. тонн/м} \quad (3.15)$$

где $A_{\text{ш.г.}}$ – годовой объем добываемого угля, тыс. тонн.

3. Обеспечение производительной, надёжной и малоступенчатой схемы общешахтного транспорта. Это требование оценивается показателями:

- удельная протяжённость транспортных выработок (коэффициент важности – 17.5):

$$I_3 = \frac{\sum_{i=1}^{n_T} \alpha_{\text{T.}i}}{A_{\text{ш.г.}}}, \text{ м/1000 т.г.д.} \quad (3.16)$$

где $\alpha_{\text{T.}i}$ – длина i -ой выработки транспортного назначения, м,

n_T – число выработок;

- суммарная приёмная ёмкость топологической сети транспортных выработок (коэффициент важности – 17.5):

$$I_4 = \frac{\sum_{i=1}^{n_3} Q_{3,i}}{A_{\text{ш.г.}}}, \text{ тонн/1000 т.г.д.} \quad (3.17)$$

где $Q_{3,i}$ – ёмкость i -того звена транспортного назначения, тонн,

n_3 – число звеньев.

Следует отметить, что схемой вскрытия шахтных и выемочных полей формируется определенная сложность конечной реализации транспортной цепочки, которая оценивается числом сопутствующих ступеней внутришахтного транспорта (коэффициент важности – 17.5):

$$I_5 = \frac{\sum_{i=1}^{n_C} n_{\text{T.C.}i}}{A_{\text{ш.г.}}}, \text{ ед./1000 т.с.д.} \quad (3.18)$$

где $n_{\text{T.C.}i}$ – число транспортных ступеней в одной транспортной ветви,

n_C – число транспортных ветвей.

4. Обеспечение безопасной, эффективной и надёжной системы общешахтной вентиляции оценивается следующими показателями-критериями:

- удельная протяжённость вентиляционных выработок (коэффициент важности – 16.5):

$$I_6 = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\text{B.B.}}} \alpha_{\text{B.B.}i}}{A_{\text{ш.г.}}}, \text{ м/1000 т.г.д.} \quad (3.19)$$

где $\alpha_{\text{B.B.}i}$ – длина i -ой выработки вентиляционного назначения, м,

$n_{в.в.}$ – число выработок.

- показатель, отражающий трудность проветривания (коэффициент важности – 16.5):

$$I_7 = \frac{\sum_{i=1}^{n_y} N_{в.i}}{Q_{в}}, \text{ кВт/м}^3/\text{сек} \quad (3.20)$$

где $N_{в.i}$ – установленная мощность i -ой вентиляционной установки, кВт,

$Q_{в}$ – количество воздуха, подаваемого в шахту, м³/сек,

n_y – количество установок.

5. Обеспечение соответствующей пропускной способности схемы вскрытия. Это требование оценивается показателем производственной мощности по углю и грузам вспомогательного назначения (коэффициент важности – 15.5):

$$I_8 = A_{ш.г.} + Q_{всп}, \text{ млн.тонн/год} \quad (3.21)$$

где $Q_{всп}$ – суммарный грузопоток вспомогательного назначения, тонн/год.

6. Обеспечение оптимального объёма зданий и сооружений на поверхности с минимальной трудоёмкостью обслуживания. Это требование находит отражение в следующих оценочных показателях:

- удельный объём зданий и сооружений на поверхности (коэффициент важности 14.0):

$$I_9 = \frac{\sum_{i=1}^{n_{зд}} V_{зд.i}}{A_{ш.г.}}, \text{ м}^3/1000 \text{ т.г.д.} \quad (3.22)$$

где $V_{зд.i}$ – объём i -того здания на поверхности, м³,

$n_{зд}$ – число зданий,

- трудоёмкость обслуживания технологического комплекса поверхности (коэффициент важности – 14.0):

$$I_{10} = \frac{\sum_{i=1}^{n_n} T_{зв.i}}{A_{ш.г.}}, \text{ чел.см./1000 т.г.д.} \quad (3.23)$$

где $T_{зв.i}$ – трудоёмкость обслуживания i -того звена на поверхности, чел.смен,

n_n – число звеньев.

7. Обеспечение гибкости и динамичности во времени общешахтных параметров. Это требование оценивается следующими показателями:

- показатель резерва схемы вскрытия по транспорту-подъёму и вентиляции (коэффициент важности – 15.0):

$$I_{11} = \frac{A_{\text{ш.г.п.}}}{A_{\text{ш.г.ф.}}}, I'_{11} = \frac{Q_{\text{в.п.}}}{Q_{\text{в.ф.}}} \quad (3.24)$$

где $A_{\text{ш.г.п.}}$ – годовая мощность шахты проектная, млн.тонн/год,

$A_{\text{ш.г.ф.}}$ – годовая мощность шахты фактическая, млн.тонн/год,

$Q_{\text{в.п.}}$ – проектная пропускная способность схемы вентиляции,

$Q_{\text{в.ф.}}$ – фактическая пропускная способность схемы вентиляции, м³/сек,

- показатель последовательной реализации самостоятельных этапов развития шахты за срок ее службы (коэффициент важности – 15.0):

$$I_{12} = \frac{T_{\text{ш}}}{T_{\text{с}}} \quad (3.25)$$

где $T_{\text{ш}}$ – срок службы шахты, лет,

$T_{\text{с}}$ – срок отработки самостоятельного горизонта, блока, углубочной ступени, лет.

Показатели-критерии оценки технического уровня схем и способов подготовки

Основополагающие требования, которые предъявляются к схемам и способам подготовки шахтных и выемочных полей в целом аналогичны требованиям, предъявляемым к схемам и способам вскрытия, однако, в силу ряда причин, отличаются и специфическими.

1. Обеспечить с поверхности удобный и рациональный с экономической точки зрения доступ к угольным пластам. Данное требование, в содержании соотношения подготовленных к выемке запасов, объёма и протяжённости проводимых и поддерживаемых горных выработок оценивается следующими показателями:

- коэффициенты продуктивности сети подготавливающих выработок (схема подготовки) по подготавливаемым запасам (коэффициент важности – 19.5):

$$I_1 = \frac{Z_{\Pi}}{\sum_{i=1}^{n_0} F_{O.П.i} \alpha_{O.П.i} + \sum_{i=1}^{n_B} F_{B.П.i} \alpha_{B.П.i}}, \text{ тыс. тонн/м}^3 \quad (3.26)$$

$$I'_1 = \frac{Z_{\Pi}}{\sum_{i=1}^{n_0} \alpha_{O.П.i} + \sum_{i=1}^{n_B} \alpha_{B.П.i}}, \text{ тыс. тонн/м} \quad (3.27)$$

обозначения аналогичны формулам показателей коэффициентов продуктивности схем вскрытия,

- коэффициенты продуктивности (концентрации) схемы подготовки по добыче и размещению очистных забоев (коэффициент важности – 18.5):

$$I_2 = \frac{A_{ш.г.}}{\sum_{i=1}^{n_0} F_{O.П.i} \alpha_{O.П.i} + \sum_{i=1}^{n_B} F_{B.П.i} \alpha_{B.П.i}}, \text{ тыс. тонн/м}^3 \quad (3.28)$$

$$I'_2 = \frac{A_{ш.г.}}{\sum_{i=1}^{n_0} \alpha_{O.П.i} + \sum_{i=1}^{n_B} \alpha_{B.П.i}}, \text{ тыс. тонн/м} \quad (3.29)$$

- показатели нагрузки на единицу подготовки (пласт, откаточный горизонт, очистной забой) (коэффициент важности – 18.5):

$$I_3 = A_{пл}; I_4 = A_{o.г.}; I_5 = A_{o.з.}, \text{ тонн/сут.} \quad (3.30)$$

2. Обеспечить удобную, экономичную, надёжную и малоступенчатую схему подземного транспорта. Это требование отражают показатели:

- показатель удельной протяжённости транспортных магистралей (коэффициент важности – 17.0):

$$I_6 = \frac{\sum_{i=1}^{n_T} \alpha_{T.i}}{A_{ш.г.}}, \text{ м/1000 т.г.д.} \quad (3.31)$$

- показатель общей приёмной ёмкости транспортной схемы (коэффициент важности – 17.0):

$$I_7 = \frac{\sum_{i=1}^{n_3} Q_{3.i}}{A_{ш.г.}}, \text{ т/1000 т.г.д.} \quad (3.32)$$

- показатель сложности схемы транспорта (коэффициент важности – 17.0):

$$I_8 = \frac{\sum_{i=1}^{n_C} n_{T.C.i}}{A_{ш.г.}}, \text{ ед./1000 т.г.д.} \quad (3.33)$$

3. Обеспечить эффективную, надёжную и безопасную схему вентиляции шахты. Это требование находит отражение в показателях:

- показатель удельной протяжённости вентиляционных магистралей (коэффициент важности – 15.5):

$$I_9 = \frac{\sum_{i=1}^{n_{B.B.}} \alpha_{B.B.i}}{A_{ш.г.}}, \text{ м/1000 т.г.д.} \quad (3.34)$$

- показатель трудности проветривания (энергоёмкости) (коэффициент важности – 15.5):

$$I_{10} = \frac{\sum_{i=1}^{n_y} N_{B.i}}{Q_B}, \text{ кВт/м}^3/\text{сек} \quad (3.35)$$

4. Обеспечить соответствующую пропускную способность схем транспорта-подъема и вентиляции, которые формируют уровень проектной мощности шахты по углю и вспомогательным грузам (коэффициент важности – 15.0):

$$I_{11} = A_{ш.г.} + Q_{ВСП}, \text{ млн.тонн/год} \quad (3.36)$$

5. Обеспечить процедуру непрерывного воспроизводства подготовки к выемке запасов, которая отражает темпы подготовки 1000 тонн запасов (коэффициент важности – 14.5):

$$I_{12} = \frac{T_o}{z_{\pi}}, \text{ мес./1000 тонн} \quad (3.37)$$

где T_o – суммарное время на подготовку к отработке запасов горизонта панели, этажа, мес.

Показатели-критерии оценки обобщающего уровня схем вскрытия и подготовки шахтных и выемочных полей

При совместном рассмотрении формируется суммарный комплекс оценочных показателей, который включает:

- коэффициенты продуктивности схем вскрытия и подготовки по запасам (коэффициент важности – 19.5):

$$I_1 = \frac{z_B + z_{\pi}}{(\sum_{i=1}^{n_0} F_{O.B.i} \alpha_{O.B.i} + \sum_{i=1}^{n_B} F_{B.B.i} \alpha_{B.B.i}) + (\sum_{i=1}^{n_0} F_{O.П.i} \alpha_{O.П.i} + \sum_{i=1}^{n_B} F_{B.П.i} \alpha_{B.П.i})}, \text{ тыс. тонн/м}^3 \quad (3.38)$$

$$I'_1 = \frac{z_B + z_{\pi}}{(\sum_{i=1}^{n_0} \alpha_{O.B.i} + \sum_{i=1}^{n_B} \alpha_{B.B.i}) + (\sum_{i=1}^{n_0} \alpha_{O.П.i} + \sum_{i=1}^{n_B} \alpha_{B.П.i})}, \text{ тыс. тонн/м} \quad (3.39)$$

- коэффициенты продуктивности схем вскрытия и подготовки по добыче (коэффициент важности – 18.5):

$$I_2 = \frac{A_{\text{ш.г.}}}{(\sum_{i=1}^{n_0} F_{\text{О.В.}i} \alpha_{\text{О.В.}i} + \sum_{i=1}^{n_B} F_{\text{В.В.}i} \alpha_{\text{В.В.}i}) + (\sum_{i=1}^{n_0} F_{\text{О.П.}i} \alpha_{\text{О.П.}i} + \sum_{i=1}^{n_B} F_{\text{В.П.}i} \alpha_{\text{В.П.}i})}, \text{ тыс. тонн/м}^3 \quad (3.40)$$

$$I'_1 = \frac{A_{\text{ш.г.}}}{(\sum_{i=1}^{n_0} \alpha_{\text{О.В.}i} + \sum_{i=1}^{n_B} \alpha_{\text{В.В.}i}) + (\sum_{i=1}^{n_0} \alpha_{\text{О.П.}i} + \sum_{i=1}^{n_B} \alpha_{\text{В.П.}i})}, \text{ тыс. тонн/м} \quad (3.41)$$

- удельная протяжённость транспортных магистралей (коэффициент важности – 17.5):

$$I_3 = \frac{\sum_{i=1}^{n_T} \alpha_{\text{Т.}i}}{A_{\text{ш.г.}}}, \text{ м/1000 т.г.д.} \quad (3.42)$$

- показатель общей приёмной ёмкости транспортной схемы (коэффициент важности – 17.5):

$$I_4 = \frac{\sum_{i=1}^{n_3} Q_{3.i}}{A_{\text{ш.г.}}}, \text{ тонн/1000 т.г.д} \quad (3.43)$$

- показатель сложности транспортной схемы (всех транспортных цепочек) (коэффициент важности – 17.5):

$$I_5 = \frac{\sum_{i=1}^{n_C} n_{\text{Т.С.}i}}{A_{\text{ш.г.}}}, \text{ ед./1000 т.с.д.} \quad (3.44)$$

- удельная протяжённость вентиляционных магистралей (коэффициент важности – 17.5):

$$I_6 = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\text{В.В.}}} n_{\text{В.В.}i}}{A_{\text{ш.г.}}}, \text{ м/1000 т.г.д.} \quad (3.45)$$

- показатель трудности проветривания (энергоёмкости) (коэффициент важности – 15.5):

$$I_7 = \frac{\sum_{i=1}^{n_y} N_{\text{В.}i}}{Q_{\text{В}}}, \text{ кВт/м}^3/\text{сек} \quad (3.46)$$

Показатели пропускной способности схем вскрытия и подготовки

- проектная мощность шахты по углю и вспомогательным материалам (коэффициент важности – 19.5):

$$I_8 = A_{\text{ш.г.}} + Q_{\text{ВСП}}, \text{ млн.тонн/год} \quad (3.47)$$

- проектная нагрузка на пласт (коэффициент важности – 18.5):

$$I'_8 = A_{\text{пл}}, \text{ тонн/сут.} \quad (3.48)$$

- проектная нагрузка на горизонт (коэффициент важности – 18.5):

$$I''_8 = A_{\text{гор}}, \text{ тонн/сут.} \quad (3.49)$$

- проектная нагрузка на очистной забой (коэффициент важности – 18.5):

$$I_8''' = A_{0.3}, \text{ тонн/сут.} \quad (3.50)$$

- показатель темпов вскрытия и подготовки запасов к выемке (коэффициент важности – 17.5):

$$I_9 = \frac{\sum_{i=1}^{n_0} T_{0.i}}{z_B + z_{\Pi}}, \text{ мес/1000 тонн} \quad (3.51)$$

где $T_{0.i}$ – время строительства i -ого объекта из n объектов вскрытия и подготовки, мес.,

- показатель удельного объёма зданий и сооружений на поверхности (коэффициент важности – 15.5):

$$I_{10} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{3Д}} V_{3Д.i}}{A_{ш.г.}}, \text{ м}^3/1000 \text{ т.г.д.} \quad (3.52)$$

- показатели резерва схем вскрытия и подготовки по транспорту-подъёму и вентиляции (коэффициент важности – 15.0):

$$I_{11} = \frac{A_{ш.г.п.}}{A_{ш.г.ф.}}, I'_{11} = \frac{Q_{в.п.}}{Q_{в.ф.}} \quad (3.53)$$

- потери угля, связанные со схемой вскрытия и подготовки (коэффициент важности – 14.0):

$$I_{12} = \text{п, \%} \quad (3.54)$$

Абсолютные значения оценочных показателей, участвующих в комплексной оценке технического уровня схем вскрытия и подготовки, условий и результатов работы действующих угольных шахт приведены в единой годовой отчётности и достаточно легко извлекаются из нее.

Далее необходимо обосновать системы количественных показателей, достаточно и полно характеризующих технические уровни основных технологических подсистем, которые соответствуют и применяются в конкретных горно-геологических условиях.

Показатели-критерии оценки технического уровня подсистемы транспорт-подъем

Технический уровень подсистемы транспорт-подъем формируется исходя из следующих требований:

1. Обеспечить подъём-спуск грузов, материалов, оборудования и людей с выдачей угля на поверхность. Соответствие этого требования выражается показателем, показывающим соотношение фактического объема добычи к общей протяжённости шахтных транспортных магистралей:

- коэффициент продуктивности сети транспортных магистралей по добыче (коэффициент важности – 18.0):

$$I_1^{T-P} = \frac{A_{ш.г.}}{\sum_{i=1}^{n_M} \alpha_{Т.м.i}}, \text{ тонн/мес.} \quad (3.55)$$

где $A_{ш.г.}$ – фактическая добыча шахты, тыс.т/год,

$\alpha_{Т.м.i}$ – длина i -ой транспортной выработки, м,

n_M – число транспортных магистралей.

2. Обеспечить малоступенчатую, надежную и производительную схему общешахтного транспорта-подъёма. Соответствующие показатели выглядят следующим образом:

- удельная протяженность транспортных магистралей (коэффициент важности – 17.0):

$$I_2^{T-P} = \frac{\sum_{i=1}^{n_M} \alpha_{Т.м.i}}{A_{ш.г.}}, \text{ м/1000 т.г.д.} \quad (3.56)$$

- общая приемная емкость транспортной схемы (коэффициент важности – 16.5):

$$I_3^{T-P} = \frac{\sum_{i=1}^{n_3} Q_{з.i}}{A_{ш.с.}}, \text{ т/1000 т.г.д.} \quad (3.57)$$

где $\sum_{i=1}^{n_3} Q_{з.i}$ – емкость i -ого транспортного звена (выработки), тыс.тонн,
 n_3 – число транспортных звеньев (выработок), представляющих емкость для угля,

$A_{ш.с.}$ – суточная добыча шахты, тыс.тонн,

- средневзвешенная длина откатки (коэффициент важности – 16.0):

$$I_4^{T-P} = \frac{\sum_{i=1}^{n_M} V_{n.i} \cdot \alpha_{n.i}}{\sum_{i=1}^{n_M} V_{n.i}}, \text{ км} \quad (3.58)$$

где $V_{n.i}$ – объем транспортируемого полезного ископаемого по i -ому маршруту, тыс.тонн,

$\alpha_{n.i}$ – длина i -того откаточного маршрута, км,

n_m – количество откаточных маршрутов,

- энерговооруженность транспорта и подъема (коэффициент важности – 15.0):

$$I_5^{T-P} = \frac{N_{T.n}}{N_{сп}}, \text{ кВт/чел.} \quad (3.59)$$

где $N_{T.n}$ – установленная мощность электроустановок на транспорте и подъеме, кВт,

$N_{сп}$ – списочный состав работающих на транспорте и подъеме, чел.,

- трудность транспортирования (коэффициент важности – 15.5):

$$I_6^{T-P} = \frac{\sum_{i=1}^{n_T} n_{T.B.i}}{A_{ш.с.}}, \text{ ед/ 1000 т.с.д.} \quad (3.60)$$

где $n_{T.B.i}$ – число транспортных ступеней в i -ой транспортной цепи,

n_T – число транспортных цепей,

- уровень конвейеризации транспорта (коэффициент важности – 14.5):

$$I_7^{T-P} = y_{к.т.}, \% \quad (3.61)$$

- сложность транспортирования (коэффициент важности – 14.0):

$$I_8^{T-P} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\Gamma}} N_c}{A_{ш.с.}}, \text{ ед/ 1000 т.с.д.} \quad (3.62)$$

где N_c – суммарное число главных магистралей (главных и вспомогательных стволов, шурфов, сбоек), по которым производится спуск-подъем грузов и людей, выдача полезного ископаемого.

3. Обеспечить гибкие и динамичные общешахтные параметры. Это требование находит отражение в следующих показателях:

- коэффициент резерва транспорта (коэффициент важности – 13.5):

$$I_9^{T-P} = \frac{N_{п.т}}{N_{ф.т}} \quad (3.63)$$

где $N_{п.т}$ и $N_{ф.т}$ – соответственно проектная и фактическая пропускные способности транспорта, тыс. тонн,

- коэффициент резерва подъема (коэффициент важности – 13.5):

$$I_{10}^{T-P} = \frac{N_{п.п}}{N_{ф.п}} \quad (3.64)$$

где $N_{п.п}$ и $N_{ф.п.}$ – соответственно проектная и фактическая пропускные способности подъёма, тыс. тонн.

С аналогичных точек зрения были рассмотрены комплексы показателей-критериев, задействованных для оценки технического уровня очистных и подготовительных работ, вентиляции, технологического комплекса поверхности.

Показатели технического уровня подсистемы очистные работы

- среднедействующая линия очистных забоев (19.0):

$$I_1^0 = \alpha_{о.з.}, \text{ м} \quad (3.65)$$

- удельный вес прогрессивных систем разработки (18.5):

$$I_2^0 = y_{п.р.}, \% \quad (3.66)$$

- удельный вес добычи из КМЗ (18.0):

$$I_3^0 = y_{к.м.з.}, \% \quad (3.67)$$

- среднедействующее количество очистных забоев (17.0):

$$I_4^0 = N_{о.з.}, \text{ ед.} \quad (3.68)$$

- среднегодовая площадь выемки (15.0):

$$I_5^0 = S_{о.в.}, \text{ м}^2 \quad (3.69)$$

- энерговооружённость очистных работ (14.5):

$$I_6^0 = \frac{N_{о.р.}}{N_{с.п.}}, \text{ кВт/чел.} \quad (3.70)$$

- напряжённость плана на очистных работах (13.0):

$$I_7^0 = \frac{A_{о.п.}}{A_{о.н.}} \quad (3.71)$$

где $A_{о.п.}$ и $A_{о.н.}$ – соответственно плановая и нормативная добыча из очистных забоев, тыс. тонн,

- коэффициент резерва фронта очистных работ (14.0):

$$I_8^0 = \frac{\alpha_{р.п.}}{\alpha_{о.з.}} \quad (3.72)$$

где $\alpha_{р.п.}$ – линия резервных очистных забоев., м,

$\alpha_{о.з.}$ – линия действующих очистных забоев, м.

Показатели технического уровня подсистемы подготовительные работы

- удельный объём проводимых горных выработок (19.5):

$$I_1^{\Pi} = V_{г.в.}, \text{ м}^3/1000 \text{ т.г.д} \quad (3.73)$$

- удельная протяжённость проводимых горных выработок (19.0):

$$I_2^{\Pi} = Y_{м.п.}, \text{ м}/1000 \text{ т.г.д} \quad (3.74)$$

- удельный вес проходки подготовительных выработок с механизированной навалкой угля и породы (18.0):

$$I_3^{\Pi} = \alpha_{г.в.}, \% \quad (3.75)$$

- удельный вес комбайновой проходки (17.5):

$$I_4^{\Pi} = Y_{к.п.}, \% \quad (3.76)$$

- энерговооруженность проходческих работ (16.5):

$$I_5^{\Pi} = \Xi_{п.}, \text{ кВт/чел.} \quad (3.77)$$

- напряжённость плана на подготовительных работах (15.0):

$$I_6^{\Pi} = \beta_{п.пр.} \quad (3.78)$$

- коэффициент резерва подготовленных запасов (15.5):

$$I_7^{\Pi} = \frac{Z_{г.в.}}{Z_{пр.}} \quad (3.79)$$

где $Z_{г.в.}$ – запасы, готовые к выемке, тыс. тонн,

$Z_{пр.}$ - промышленные запасы, тыс. тонн,

- степень своевременности обеспечения фронта очистных работ (14.5):

$$I_8^{\Pi} = \frac{\alpha_{п.ф.}}{\alpha_{п.п.}}, \% \quad (3.80)$$

где $\alpha_{п.ф.}$ – фактически пройдено горных выработок, м,

$\alpha_{п.п.}$ – план прохождения горных выработок, м.

Показатели технического уровня подсистемы проветривание шахтных и выемочных полей

- обеспеченность шахты воздухом (19.0):

$$I_1^{\text{В}} = \frac{Q_{в.ф.}}{Q_{в.р.}} \quad (3.81)$$

где $Q_{в.ф.}$ и $Q_{в.р.}$ – соответственно фактически подаваемое и расчётное количество воздуха, м³/мин,

- степень полезного использования воздуха (18.0):

$$I_2^B = 100\% - \omega_y, \% \quad (3.82)$$

где ω_y – процент утечек воздуха, %,

- удельная протяжённость вентиляционных магистралей (17.0):

$$I_3^B = \frac{\sum_{i=1}^{n_{в.м.}} \alpha_{в.м.i}}{A_{ш.г.}}, \text{ м/1000 т.г.д.} \quad (3.83)$$

где $\alpha_{в.м.i}$ – протяженность i -ой вентиляционной выработки, м,

$n_{в.м.}$ – число выработок, пропускающих воздух,

- коэффициент резерва вентиляции (16.5):

$$I_4^B = \frac{A_{ш.в.}}{A_{ш.г.}} \quad (3.84)$$

где $A_{ш.в.}$ – пропускная способность шахты по вентиляции, тыс.тонн,

- трудность проветривания шахты (16.0):

$$I_5^B = \frac{\sum_{i=1}^{n_y} N_{y.i}}{Q_{в.}}, \text{ кВт/м}^3/\text{сек} \quad (3.85)$$

где $N_{y.i}$ – установленная мощность i -ой вентиляционной установки, кВт.,

$Q_{в.}$ – количество воздуха, подаваемое в шахту, м³/сек,

n_y – количество установок главного проветривания,

- пропускная способность шахты по вентиляции (15.5):

$$I_7^B = \frac{Q_{в.}}{\sqrt{H}} = \frac{1}{\sqrt{R}} \quad (3.86)$$

где R – аэродинамическое сопротивление сети, Н·с²/м⁸,

- сложность проветривания (15.0):

$$I_8^B = \frac{N_{в.у.}}{A_{ш.с.}}, \text{ ед/1000 т.с.д.} \quad (3.87)$$

где $N_{в.у.}$ – число вентиляторов главного проветривания,

- коэффициент продуктивности сети вентиляционных магистралей по добыче (14.5):

$$I_9^B = \frac{A_{ш.г.}}{\sum_{i=1}^{n_{в.м.}} \alpha_{в.м.i}}, \text{ тонн/мин} \quad (3.88)$$

Показатели технического уровня подсистемы технологический комплекс поверхности

- удельный объём зданий и сооружений на поверхности (18.0):

$$I_1^{\text{ТК}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_3} V_{3.i}}{A_{\text{ш.г.}}}, \text{ м}^3/1000 \text{ т.г.д.} \quad (3.89)$$

где $V_{3.i}$ – объём i -ого здания на поверхности, м^3 ,

n_3 – число зданий на поверхности,

- сложность обслуживания ТКП (17.0):

$$I_2^{\text{ТК}} = \frac{N_{\text{с.у.}}}{A_{\text{ш.с.}}}, \text{ ед}/1000 \text{ т.с.д.} \quad (3.90)$$

где $N_{\text{с.у.}}$ – общее число стационарных установок на поверхности,

- уровень автоматизации стационарных установок (16.5):

$$I_3^{\text{ТК}} = Y_{\text{а.с.}}, \% \quad (3.91)$$

- коэффициент резерва пропускной способности ТКП (16.0):

$$I_4^{\text{ТК}} = \frac{A_{\text{п.с.ТК.}}}{A_{\text{ш.г.}}} \quad (3.92)$$

где $A_{\text{п.с.ТК.}}$ – пропускная способность ТКП, тыс.тонн,

- трудоёмкость обслуживания ТКП (15.5):

$$I_5^{\text{ТК}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\text{ТК}}} T_{3.i}}{A_{\text{ш.г.}}}, \text{ чел.см}/1000 \text{ т.г.д.} \quad (3.93)$$

где $T_{3.i}$ – трудоёмкость обслуживания ТКП (i -ого звена), чел.см.,

$n_{\text{ТК}}$ – количество звеньев ТКП.

- коэффициент продуктивности использования зданий и сооружений на поверхности (14.5):

$$I_6^{\text{ТК}} = \frac{A_{\text{ш.г.}}}{\sum_{i=1}^m V_{\text{г}}}, 1000\text{т}/\text{м}^3 \quad (3.94)$$

- пропускная способность ТКП по углю (14.5):

$$I_7^{\text{ТК}} = A_{\text{у}}^{\text{ТК}}, \text{ млн.тонн}/\text{год} \quad (3.95)$$

- пропускная способность ТКП по породе (14.0):

$$I_8^{\text{ТК}} = A_{\text{п}}^{\text{ТК}}, \text{ млн.тонн}/\text{год} \quad (3.96)$$

- энерговооруженность ТКП (13.0):

$$I_9^{\text{TK}} = \mathcal{E}^{\text{TK}}, \text{ кВт/чел} \quad (3.97)$$

Сопоставляя интегральные показатели, характеризующие в количественной форме технический уровень соответствующих технологических подсистем угольных шахт, их условий и результатов работы в статической и динамической постановках, можно объективно и надежно выявить конкретные шахты, подлежащие реконструкции, а также установить очередность их обновления, в том числе и на перспективу [65, 66, 67]. Итогом данной оценочной процедуры является формирование общей матрицы всех групп интегральных показателей, которые однозначно указывают на проведение реконструкции (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Сочетания интегральных показателей, приводящих к реконструкции технологических систем угольных шахт

1	$K_{\text{усл.}} \approx \min$	$K_{\text{рез.}} \approx \min$	$K_{\text{вп.}} \approx \max$	$K_{\text{нтп.}} \approx \min$	Реконструкция с изменением схем вскрытия и подготовки
2	$K_{\text{усл.}} \approx \min$	$K_{\text{рез.}} \approx \text{sredn}$	$K_{\text{вп.}} \approx \max$	$K_{\text{нтп.}} \approx \min$	Реконструкция с изменением схем вскрытия и подготовки
3	$K_{\text{усл.}} \approx \min$	$K_{\text{рез.}} \approx \max$	$K_{\text{вп.}} \approx \max$	$K_{\text{нтп.}} \approx \min$	Реконструкция с изменением схем вскрытия и подготовки
4	$K_{\text{усл.}} \approx \text{sredn}$	$K_{\text{рез.}} \approx \min$	$K_{\text{вп.}} \approx \text{sred}$	$K_{\text{нтп.}} \approx \min$	Реконструкция без изменения схем вскрытия и подготовки
5	$K_{\text{усл.}} \approx \text{sredn}$	$K_{\text{рез.}} \approx \text{sredn}$	$K_{\text{вп.}} \approx \text{sred}$	$K_{\text{нтп.}} \approx \min$	Реконструкция без изменения схем вскрытия и подготовки
6	$K_{\text{усл.}} \approx \text{sredn}$	$K_{\text{рез.}} \approx \max$	$K_{\text{вп.}} \approx \max$	$K_{\text{нтп.}} \approx \min$	Реконструкция с изменением схем вскрытия и подготовки

Анализ относительных отклонений частных показателей-критериев оценки отдельных технологических подсистем позволяет легко выявить подсистемы, которые формируют «узкие места» в технологии угледобычи.

В интегральную оценку состояния шахтного фонда были вовлечены производственные единицы ОАО «СУЭК-Кузбасс».

Результаты оценки с ранжированием приведен в таблице 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6.

Таблица 3.2 – Интегральные показатели условий функционирования

Ранжирование шахт	Горно-геологические условия		Производственно-технические условия		Социально-экономические условия		Обобщающий уровень всех условий	
	Интегральный показатель	Место шахты в оценке	Интегральный показатель	Место шахты в оценке	Интегральный показатель	Место шахты в оценке	Интегральный показатель	Место шахты в оценке
шахта им. А.Д. Рубана	1,092	(1)	1,827	(10)	0,568	(6)	2,203	(7)
шахта имени С.М. Кирова	1,221	(2)	1,015	(1)	0,554	(5)	1,681	(2)
шахта Комсомолец	1,228	(3)	1,021	(2)	0,431	(3)	1,654	(1)
шахта Октябрьская	1,390	(5)	1,464	(7)	0,762	(8)	2,158	(5)
шахта Полысаевская	1,731	(9)	1,808	(9)	1,048	(10)	2,713	(10)
шахта имени 7 Ноября	1,457	(7)	1,393	(5)	0,229	(1)	2,028	(4)
шахта им. В.Д. Ялевского	1,807	(10)	1,519	(8)	0,513	(4)	2,416	(9)
шахта Талдинская-Западная1	1,448	(6)	1,451	(6)	0,811	(9)	2,204	(8)
шахта Талдинская-Западная 2	1,313	(4)	1,285	(4)	0,341	(2)	1,869	(3)
шахта №7	1,632	(8)	1,247	(3)	0,761	(7)	2,190	(6)

Таблица 3.3 – Интегральные показатели результатов работы

Ранжирование шахт	Производственно-технический уровень результатов работы		Экономический уровень результатов работы		Обобщающий уровень результатов работы	
	Интегральный показатель	Место шахты в оценке	Интегральный показатель	Место шахты в оценке	Интегральный показатель	Место шахты в оценке
шахта им. А.Д. Рубана	1,414	(6)	3,707	(8)	3,968	(8)
шахта имени С.М. Кирова	1,103	(4)	1,138	(3)	1,584	(4)
шахта Комсомолец	0,578	(1)	0,832	(1)	1,013	(1)
шахта Октябрьская	1,694	(8)	5,516	(10)	5,768	(10)
шахта Полысаевская	1,857	(10)	3,796	(9)	4,226	(9)
шахта имени 7 Ноября	0,723	(2)	1,484	(4)	1,651	(3)
шахта имени В.Д. Ялевского	0,990	(3)	1,131	(2)	1,503	(2)
шахта Талдинская-Западная1	1,767	(9)	3,354	(7)	3,791	(7)
шахта Талдинская-Западная2	1,220	(5)	1,912	(5)	2,268	(5)
шахта №7	1,551	(7)	3,046	(6)	3,418	(6)

Таблица 3.4 – Интегральные показатели технического уровня вскрытия и подготовки, НТП и экологического состояния

Ранжирование шахт	Уровень качества схем вскрытия и подготовки шахтных полей		Уровень технической оснащенности технологии (научно-технический прогресс)		Экологическое состояние шахт	
	Интегральный показатель	Место шахты в оценке	Интегральный показатель	Место шахты в оценке	Интегральный показатель	Место шахты в оценке
шахта им. А.Д. Рубана	0,554	(1)	0,917	(6)	0,813	(2)
шахта имени С.М. Кирова	1,643	(2)	0,933	(7)	0,776	(1)
шахта Комсомолец	2,084	(3)	0,835	(3)	1,386	(9)
шахта Октябрьская	2,462	(8)	1,252	(9)	1,403	(7)
шахта Полысаевская	2,645	(10)	1,274	(10)	1,216	(6)
шахта имени 7 Ноября	2,238	(4)	0,842	(4)	1,027	(3)
шахта имени В.Д. Ялевского	2,272	(5)	0,665	(1)	1,188	(5)
шахта Талдинская-Западная1	2,432	(7)	1,112	(8)	1,133	(4)
шахта Талдинская-Западная2	2,607	(9)	0,710	(2)	1,897	(10)
шахта №7	2,285	(6)	0,875	(5)	1,652	(8)

Таблица 3.5 – Интегральные показатели технического уровня основных технологических подсистем

Ранжирование шахт	Уровень подсистемы "очистные работы"		Уровень подсистемы "подготовительные работы"		Уровень подсистемы "транспорт-подъем"	
	Интегральный показатель	Место шахты в оценке	Интегральный показатель	Место шахты в оценке	Интегральный показатель	Место шахты в оценке
шахта им. А.Д. Рубана	1,650	(1)	1,273	(8)	1,136	(2)
шахта имени С.М. Кирова	1,674	(2)	0,954	(5)	1,124	(1)
шахта Комсомолец	1,776	(3)	0,937	(4)	1,176	(3)
шахта Октябрьская	1,794	(4)	0,816	(3)	1,473	(6)
шахта Польшаевская	1,825	(6)	1,293	(9)	1,547	(8)
шахта имени 7 Ноября	1,853	(7)	1,126	(6)	1,371	(4)
шахта имени В.Д. Ялевского	1,815	(5)	1,436	(10)	1,463	(5)
шахта Талдинская-Западная 1	1,879	(9)	0,625	(1)	1,527	(7)
шахта Талдинская-Западная 2	1,888	(10)	1,171	(7)	1,557	(9)
шахта №7	1,859	(8)	0,795	(2)	1,701	(10)

Таблица 3.6 – Интегральные показатели технического уровня основных технологических подсистем

Ранжирование шахт	Уровень подсистемы "проветривание шахтных и выемочных полей"		Уровень подсистемы "технологический комплекс поверхности"	
	Интегральный показатель	Место шахты в оценке	Интегральный показатель	Место шахты в оценке
шахта им. А.Д. Рубана	0,789	(3)	1,604	(5)
шахта имени С.М. Кирова	1,116	(9)	1,604	(4)
шахта Комсомолец	0,864	(4)	1,446	(2)
шахта Октябрьская 2	1,322	(10)	1,636	(6)
шахта Польшаевская	1,097	(7)	1,933	(10)
шахта имени 7 Ноября	0,734	(2)	1,477	(3)
шахта имени В.Д. Ялевского	0,676	(1)	1,433	(1)
шахта Талдинская-Западная 1	1,070	(6)	1,665	(7)
шахта Талдинская-Западная 2	0,959	(5)	1,738	(9)
шахта №7	1,103	(8)	1,706	(8)

3.3 Экономическое обоснование реконструкции технологических систем угольных шахт (определение предельных точек в развитии технологии шахты)

В основу экономического обоснования реконструкции технологических систем угольных шахт положены принципиальные особенности методологии поэтапного обновления горного хозяйства, суть которой заключается в определении для основных технологических подсистем и шахты в целом временного периода стабильной эксплуатации («долгожития»), по истечении которого основные параметры соответствующих технологических звеньев

должны в обязательном порядке обновляться с увеличением пропускных способностей, объемов угледобычи, надежности функционирования технологической системы и снижением эксплуатационных издержек на извлечение полезного ископаемого (угля) [68, 69, 70].

Как уже отмечалось, ряд статистических исследований показывает, что длительность периода эффективной эксплуатации основных технологических подсистем функциональной структуры угольных шахт составляет в среднем около 10-20 лет. Данная величина ассоциируется с понятием «длительность этапа эксплуатации $T_{\text{Э.П.}}$ выемочного блока», при выходе из эксплуатации которого должен формироваться новый уровень инвестиционной привлекательности и конкурентоспособности.

С учетом этого этап стабильной эксплуатации функциональной структуры угледобывающего предприятия напрямую связан с объемами извлекаемых запасов в течении разных этапов работы с учетом совершенствования техники и технологии.

При этом единичный этап в развитии технологической системы угольной шахты представляется определенной пространственной частью шахтного поля с определенным объемом извлекаемых промышленных запасов:

$$Z_{\text{Э.П.}} = A_{\text{ш.г.пр}} \cdot T_{\text{Э.П.}}, \text{ млн. тонн} \quad (3.98)$$

где $A_{\text{ш.г.пр}}$ – проектная производственная мощность, млн. тонн/год.

При этом приходится учитывать преобладающую степень предпочтения определенным пространственно-планировочным и технологическим решениям форм развития шахтного фонда, которые обладают наибольшей степенью динамической управляемости и адаптации к изменяющимся горно-геологическим и горнотехническим условиям эксплуатации с наименьшими затратами финансовых и материальных средств с учетом составляющей времени. Это позволяет выявить пригодность отдельных элементов технологической системы шахты первого этапа освоения запасов для их реализации на втором и последующих.

Очередность реализации этапов согласования развития и обновления технологической системы предопределяется отработкой всех запасов шахтного поля.

В связи с этим, метод поэтапного обновления и развития технологических систем угольных шахт предусматривает процедуру конструирования и видоизменения технологии угледобычи в свете саморазвивающейся системы с выбором процедуры, предусматривающей оптимальное управление в течение всего периода отработки запасов.

Для повышения технологического, технического, экологического и социально-экономического уровней шахт единым непреодолимым препятствием для реализации данной концепции обновления и развития шахтного фонда стало отсутствие крупных инвестиционных вложений.

С учетом вышеизложенного, блок-схема алгоритма выбора очередности реконструкции шахтного фонда должна в обязательном порядке включать этап оценки пороговых значений и предельных точек в развитии технологии шахты (метод критической предельной точки).

С учетом проведенных ранее исследований [71, 72, 73, 74, 75], определенные этапы развития технологической системы шахты и точечные моменты совершенствования и модернизации с учетом различного технического уровня основных подсистем технологических схем (поэтапные совершенствование и модернизация технологических систем угольных шахт) графически представляются в следующем виде (рис.3.4).

Этапы совершенствования и развития технологических систем угольных шахт и отправные точки модернизации

С учетом этого и основных положений теории развития систем у функциональных структур технологических систем действующих угольных шахт в обязательном порядке имеются предельные значения контрольных точек развития, после достижения порога которых происходит резкое уменьшение их технико-экономической эффективности, что однозначно требует их модернизации и совершенствования. Конкретный момент

модернизации и обновления технологии можно определить следующим образом, который графически представлен на рис.3.5.

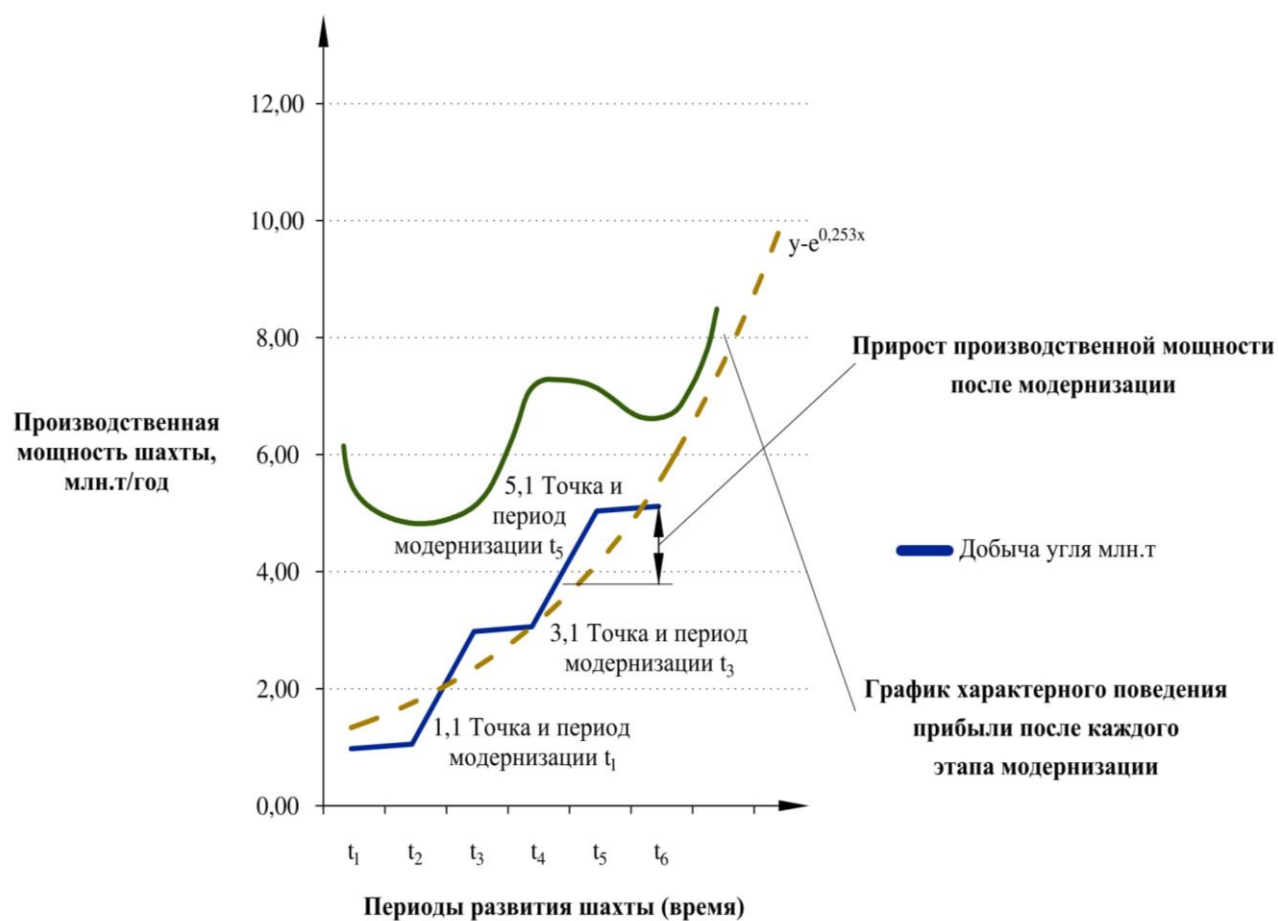


Рис. 3.4 – Графическая интерпретация поэтапной модернизация технологической системы угольной шахты

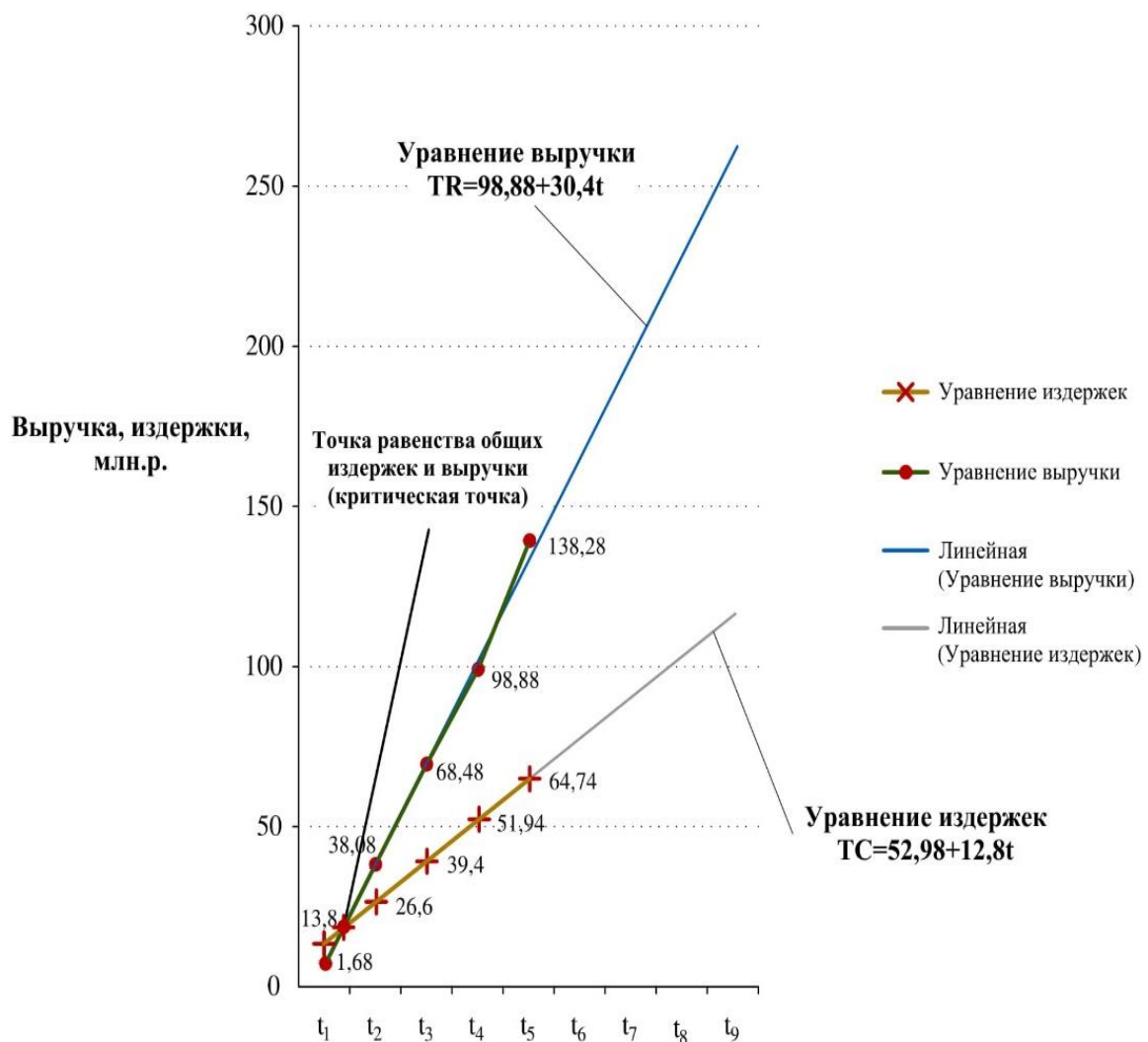


Рис. 3.5 – Графический метод определения критического объема затрат

Базисной составляющей данного метода является выявление момента времени, при котором наблюдается явная тенденция превышения предельных затрат над предельными доходами угледобывающего предприятия, и совершенно отчетливо прослеживается, что она будет прогрессировать в ближайшей перспективе.

В основу данной методологической составляющей заложено исследование функций распределения затрат и прибыли с помощью производных, которое позволяет определить критический объем затрат, при котором дальнейшая эксплуатация угледобывающего предприятия невозможна с экономической точки зрения (рис.3.6).

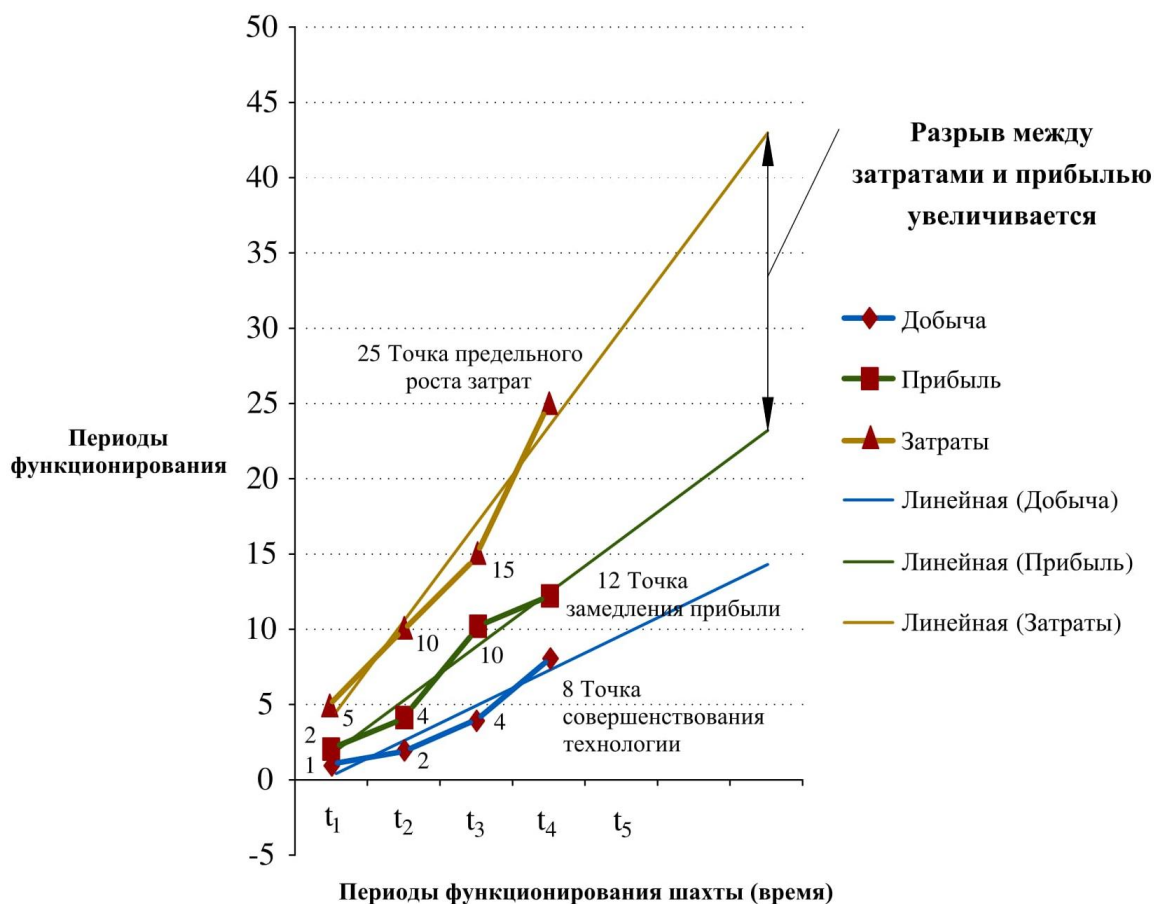


Рис. 3.6 – Тенденции распределения затрат и прибыли при увеличении объемов угледобычи технологической системой шахты, требующей модернизации и реконструкции

Средние значения выручки и издержки определяются следующими выражениями:

$$AR = \frac{\sum TR}{Q} \quad (3.99)$$

$$AC = \frac{\sum TC}{Q} \quad (3.100)$$

При этом стремление величины ΔQ к нулю приближает отношения $\frac{\Delta TR}{\Delta Q}$ и $\frac{\Delta TC}{\Delta Q}$ к предельным значениям выручки MR и издержек MC .

В точке пересечения линейных трендов TR и TC обозначается «критический» уровень затрат, который уравнивает объемы выручки и затрат.

Это означает, что достигнутый уровень определенного объема реализации угольной продукции позволяет угледобывающему предприятию в

целом покрыть все понесенные расходы и оказаться на так называемом нулевом уровне рентабельности. Различными авторами и в различной интерпретации она обозначается как «нулевая точка», «критическая точка», «точка равновесия», «мертвая точка» и т.д.

Целевую функцию алгоритма определения конкретной «критической точки» с учетом экономических составляющих эксплуатации технологических систем угольных шахт можно представить в следующем виде:

$$Q_{кр} = \frac{FC}{p - v} \quad (3.101)$$

где $Q_{кр}$ – критический уровень добычи и реализации угля, обеспечивающий нулевой уровень прибыли (точка безубыточности), тонн;

FC – условно-постоянные издержки, руб.;

p – оптовая цена угля, руб./т.;

v – количественная ставка условно-переменных издержек в структуре себестоимости, руб./т.

Дальнейшая процедура требует расчета объема добычи угля, который обеспечивает определенный объем прибыли:

$$Q_p = \frac{FC + W_p}{p - v} \quad (3.102)$$

Элемент сопоставления затрат и маржинального дохода выглядит при этом следующим образом:

$$Q_{кр} = \frac{(Z_2 - Z_1)}{(D_2 - D_1)} \quad (3.103)$$

где $Q_{кр}$ – критический объем добычи, который обеспечивает прибыль в объеме W_p , руб.;

Z_2, Z_1 – затраты по проектным вариантам, руб.;

D_2, D_1 – маржинальный доход по проектным вариантам, руб.

$$D = p - c \quad (3.104)$$

где c – себестоимость добычи, руб./тонн.

В графическом виде критические объемы добычи угля по вариантам, которые обеспечивают их равенство, представлены на рис.3.7.

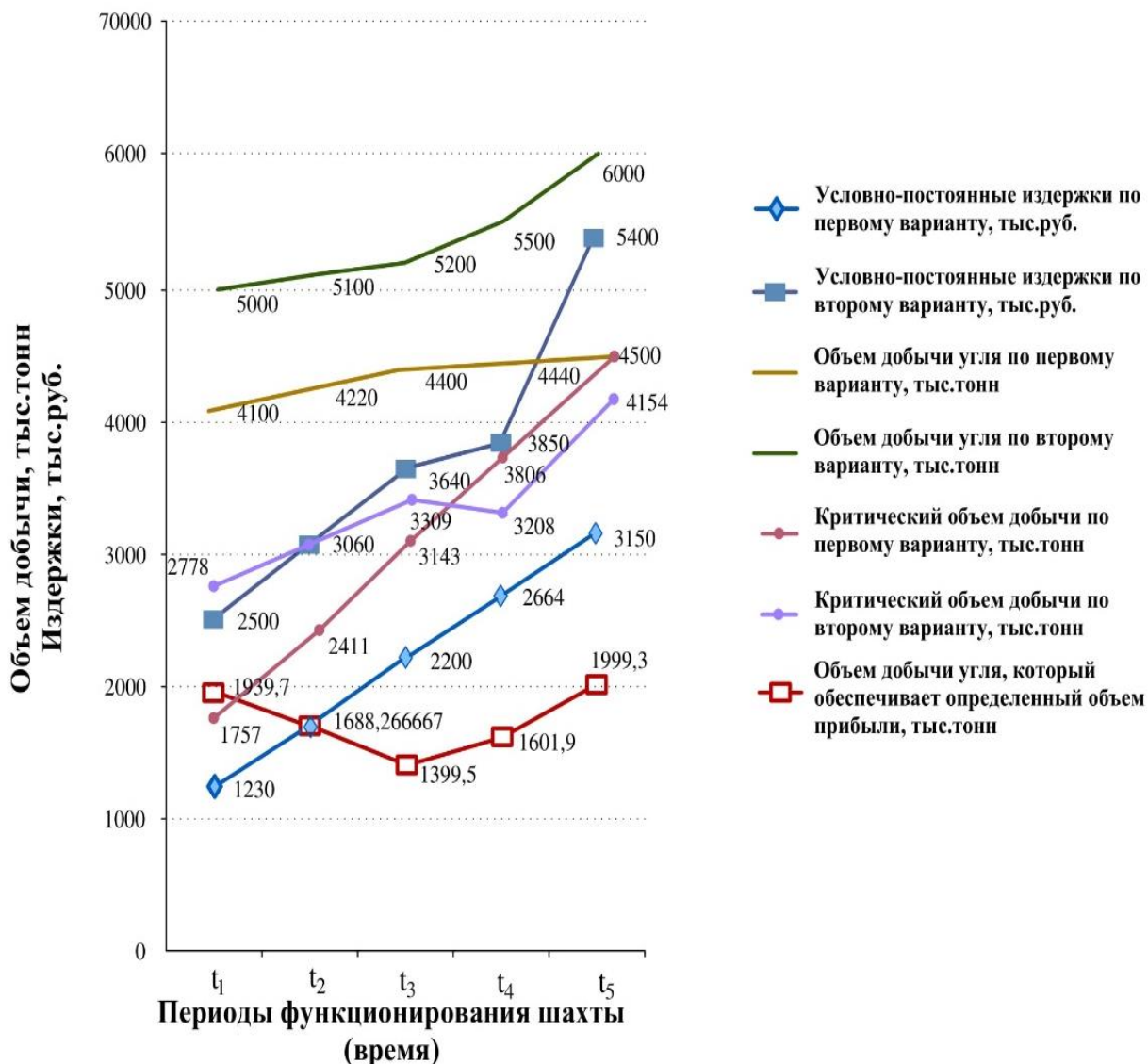


Рис. 3.7 - Графическое представление критических объемов угледобычи $Q_{кр}$ по 2-м вариантам, обеспечивающих их равенство

Выявление диспропорций в функциональных структурах технологических систем угольных шахт на основе факторного анализа

Для выявления диспропорций, складывающихся в функциональных структурах технологических систем угольных шахт рационально привлечь метод факторного анализа (многомерный метод статистики). Применительно к угольным шахтам он использовался, в частности, для процедуры ординации горно-геологических факторов [Goodall, 1954]. Имеются обширные исследования по использованию факторного анализа и в других областях [Лоули, Максвелл, 1967; Харман, 1972; Айвазян с соавт., 1974; Дубров, 1978], [Василевич, 1969; Миркин, Розенберг, 1977, 1978; Миркин с соавт., 1978;

Гелета, Крауклис, 1979; Нинбург, 1985; Колодяжный, 1985; Ястребов, 1991; Красовский, Воробьева, 1998; Сердюцкая, Каменева, 2000].

Данные исследования базируются на постулате, что исходная статистическая информация несет в себе при наличии некоторого объема ограничений нестроого порядка сведения о скрытых (на первых стадиях, почти не проявляющих себя) диспропорциях в производственно-хозяйственной деятельности угольных шахт, которые возникают задолго до их прямого проявления.

Данная возможность базируется на анализе корреляционных связей между исходными параметрами, искажения которых появляются значительно раньше, нежели возникновение отклонений от нормы анализируемого фактора.

В качестве исходных данных используется матрица наблюдений X , столбцы которой представлены статистическими показателями технологических систем действующих угольных шахт, измеренные в количественной шкале ($j = 1, 2, \dots, m$), а строки представлены описанием оцениваемых угольных шахт в пространственно-временном аспекте ($i = 1, 2, \dots, n$).

Целью является линейное преобразование матрицы X на базе сжатия (редуцирования) входных данных, представленное в виде матрицы F с меньшим числом переменных p ($m > p$), причем содержательная информация об оцениваемых объектах при этом не несет существенных потерь (рис. 3.8).

Факторный анализ при этом представляет совокупность статистических моделей, которые описывают и объясняют представляемые данные с помощью ограниченного числа так называемых «скрытых» факторов, целевые функции которых могут быть разработаны при помощи математических методов.

В процессе исследований на действующих угольных шахтах установлено, что в качестве основополагающей информации о технико-экономической эффективности технологических систем выступает среднее расстояние между факторными нагрузками.

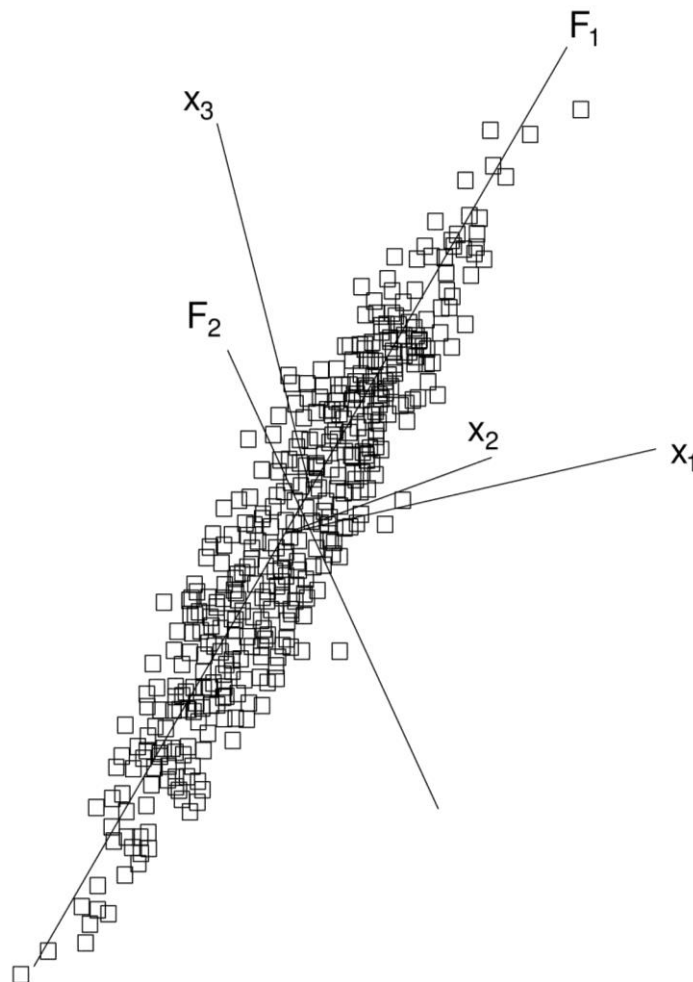


Рис.3.8 – Сжатие признакового пространства с применением факторного анализа

Базисной составляющей при этом является значительное увеличение этого расстояния, которое заявляется как негативная составляющая и отображает нежелательные отклонения в производственно-хозяйственной деятельности угольных шахт.

Использование факторного анализа в целях выявления диспропорций является новой с позиции реализации метода линейного преобразования факторного пространства на основе сокращения его размерности, представленного гипотезой Ч. Спирмена [76, 81] которая предполагает существование общих факторов (*common factors*). С учетом базовых методических положений данного метода установлено, что выделение и последующий анализ уровня общих факторов в эксплуатации технологических систем угольных шахт дает явную возможность обнаружить сложившиеся

диспропорции в функциональной структуре угледобывающего предприятия на ранних стадиях формирования, что предопределяет отслеживание стабильности корреляционных связей между оцениваемыми параметрами. Данные корреляционные связи содержат основные базисные элементы диагностической информации о процессах в технологических системах угольных шахт.

При этом в качестве основного требования к исходным параметрам факторного анализа выступает постулат подчинения нормального закона распределения. Обычно для проверки правомерности их использования используют тест "сферичности" распределения данных Бартлетта, где оценке подлежит предположение о соблюдении диагональности корреляционной матрицы.

Если наблюдаемый уровень значимости превышает 5% – факторный анализ использовать нельзя, что подтверждается случайностью направления главных осей.

На практике данное предположение проверить очень трудно в ряду объективных и субъективных причин, поэтому чаще всего обходятся без него, а ряд исследователей [Лоули, Максвелл, 1967] считают это вообще излишним.

Пусть для матрицы $X(l:p, l:n)$ зафиксированных параметров технологических систем угольных шахт в наличии присутствует ковариационная (корреляционная) матрица $\Sigma(l:p, l:n)$, где p – число параметров, n – число строк.

С помощью проведенного линейного преобразования:

$$X = QY + U \quad (3.105)$$

размерность матрицы представленного факторного пространства $X(l:p)$ можно уменьшить до уровня $Y(l:p')$, при этом $p' \ll p$ [77]. Это говорит о том, что произошло преобразование точки, характеризующей состояние технологических систем угольных шахт в p -мерном пространстве, в новое представленное пространство с размерностью меньшего плана p' .

Аспект практической значимости преобразований заключается в том, что геометрическая близость множества оцениваемых точек в новом факторном

пространстве означает факт наличия стабильности производственно-технического и экономического состояния технологических систем угольных шахт.

Представленная матрица $Y(l:p', l:n)$ содержит общие оцениваемые факторы технологических систем угольных шахт, которые можно обозначить как гиперпараметры, которые характеризуют наиболее общие свойства оцениваемых угледобывающих предприятий.

При этом общие факторы чаще всего представляются ортогональными (статистически независимыми), что значительно облегчает их смысловую интерпретацию, при этом вектор оцениваемых признаков $X(l:p)$ имеет содержательный смысл следствия изменения оцениваемых гиперпараметров.

Последующая матрица $U(l:p', l:n)$ представляет остаточные факторы (неувязки), которые связаны с ошибками измерения признаков $x(i)$. Прямоугольная матрица $Q(l:p, l:p')$ представляет полученные факторные нагрузки, которые представляют определяющие линейные связи между выделенными признаками и оцениваемыми гиперпараметрами.

При этом заявленная модель факторного анализа (3.105) в целом похожа на модель многомерного регрессионного и дисперсионного анализа. Принципиальное отличие модели (3.105) состоит в том, что вектор $Y(l:p')$ - это ненаблюдаемые в эксплуатации угольных шахт факторы, а в регрессионном анализе - это регистрируемые в эксплуатации факторы.

Если выясняется, что остаточные факторы $U(l:p', l:n)$ имеют малые значения, то метод факторного анализа отождествляется с методом главных компонент, особенно это касается случаев, когда главные компоненты были определены с участием корреляционных матриц исходных параметров [78, 79, 81].

Правая часть уравнения (3.105) представлена неизвестными, которые представлены матрицей факторных нагрузок $Q(l:p, l:p')$ и матрицей значений общих факторов $Y(l:p')$. Их определение требует наличия дополнительных математических моделей.

Дополнительные вычисления сводятся к формированию диагональности преобразованной матрицы факторных нагрузок QTQ с упорядоченным убыванием диагональных элементов этой матрицы. При формировании матрицы факторных нагрузок пользуются уравнением:

$$QQ^T = \Sigma - V \quad (3.106)$$

где V - матрица ковариаций остаточных факторов $U(l:p')$, т.е. $V = M(UUT)$.

Полученное уравнение (3.106) решается в основном путем нескольких итераций при задании интервала нулевого приближения представленной ковариационной матрицы $V(0)$.

После формирования матрицы факторных нагрузок $Q(l:p, l:p')$, вычисляют общие факторы согласно уравнению:

$$Y_v = (Q^T V^{-1} Q)^{-1} Q^T V^{-1} X_v, v = \overline{1, n} \quad (3.107)$$

Предложенный программный пакет статистического анализа Statistica позволяет в диалоговом режиме реализовать вычисления матрицы факторных нагрузок $Q(1:p, 1:p')$ и значения нескольких главных факторов (частный случай - двух - по первым двум главным компонентам). В итоге, после завершения расчетов (3.107) возникает очередная задача смысловой интерпретации полученных главных факторов.

Для этого пользуются дополнительной процедурой преобразования координат факторного пространства. Существует несколько способов преобразования координат, которое иначе формулируется как выбор метода вращения системы координат факторного пространства. Данная задача вращения факторов имеет цель улучшение процедуры их интерпретируемости в смысловом содержании.

Основная цель состоит в создании простой структуры, в которой каждая переменная характеризуется преобладающим влиянием какого-то одного фактора. Факторные нагрузки при этом отображаются в виде диаграммы рассеяния, при этом каждая переменная представляется точкой.

В принципе, существует вероятность повернуть оси в любом направлении, при этом относительное положение точек не меняется. В действительности координаты точек, представленные факторными нагрузками, меняются. Наглядно это можно проследить на графической интерпретации, представленной на рис. 3.9.

Можно выделить два класса вращения: ортогональный и косоугольный. Ортогональный представлен методом «Varimax», при использовании которого максимизируют разброс квадратов факторных нагрузок по каждому оцениваемому фактору в отдельности, данная процедура приводит к увеличению больших нагрузок и уменьшению маленьких. Косоугольный представлен «Quartimax», в котором простая структура формируется для всех факторов одновременно, что является его отличием.

В качестве примеров методов вращения, представленных в модуле факторного анализа можно отметить [80].

- **Варимакс.** Ортогональный метод вращения, который минимизирует исходное число переменных с высоким уровнем нагрузок на каждый оцениваемый фактор.
- **Метод косоугольного вращения.** При его использовании косоугольное решение соответствует по умолчанию дельте, равной 0. По мере отклонения дельты в отрицательную сторону, факторы все более приближаются к ортогональным.
- **Квартимакс.** Относится к методам вращения, которые минимизируют число факторов, привлекаемых для объяснения смыслового значения каждой переменной.
- **Эквимакс.** Относится к методам вращения, которые объединяют методы варимакс и квартимакс, упрощающих исходные переменные. Число исходных переменных, обладающих большими факторными нагрузками минимизируется с одновременным числом факторов, которые требуются для того, чтобы объяснить переменные.

- **Промакс-вращение.** Осуществляется косоугольное вращение осей факторных нагрузок в предположении, что факторы могут коррелироваться. Обладает большим быстроедействием.

В исходном примере целесообразно применение метода вращения *Варимакс*, максимизирующего разброс квадратов факторных нагрузок по каждому фактору в отдельности и приводящий к увеличению больших нагрузок и уменьшению маленьких нагрузок.

В данном методе *варимакс* формируются упрощенные описания столбцов факторной матрицы. В основе лежит рассмотрение дисперсии квадратов нагрузок факторов. При этом следует отметить большую инвариантность факторной матрицы, получаемой с помощью метода вращения *варимакс* по отношению к процедуре выбора окончательных множеств переменных.

В итоге, выбор того или иного способа вращения осей факторных нагрузок, сводится к такому положению, чтобы они отображали влияние определенной группы переменных параметров на один из общих факторов и были максимальными.

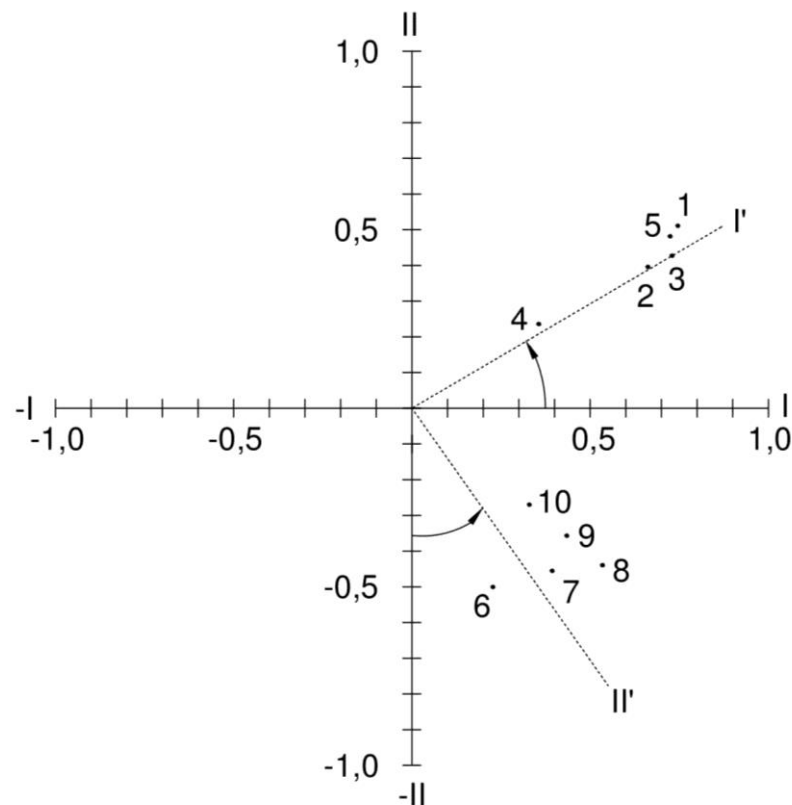


Рис.3.9 – Вращение факторов

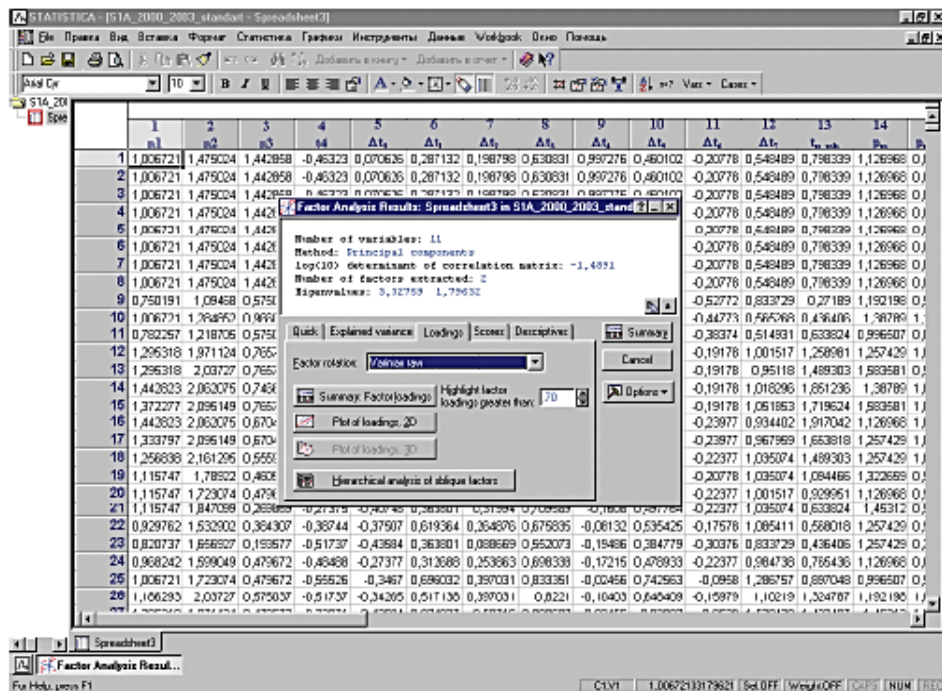


Рис.3.10 - Модуль факторного анализа в программном пакете STATISTICA

Предлагаемый модуль факторного анализа (рис.3.10) позволяет вычислять значения общих учитываемых факторов для каждого сочетания измеренных исходных признаков. Ниже на примере показан способ использования метода факторного анализа параметров из пакета Statistica для решения задачи выявления диспропорций технологической системы шахты «Котинская» ОАО «СУЭК-Кузбасс».

Производственно-технические параметры технологической системы шахты и обслуживающих ее подсистем (всего 24 параметра) зафиксированы в статистической отчетности, предоставленной шахтой. Они охватывают период с 30 февраля 2015 по 30 ноября 2015 гг. (ведение горных работ на пласте 52) (рис. 3.11).

Приведение параметров к стандартному виду осуществлялось по методике ISO 2314, в соответствии с этим матрица параметров X (1:24, 1:800) рассматривалась как информационный массив угольной шахты за анализируемый период эксплуатации в составе угольной компании ОАО «СУЭК-Кузбасс».

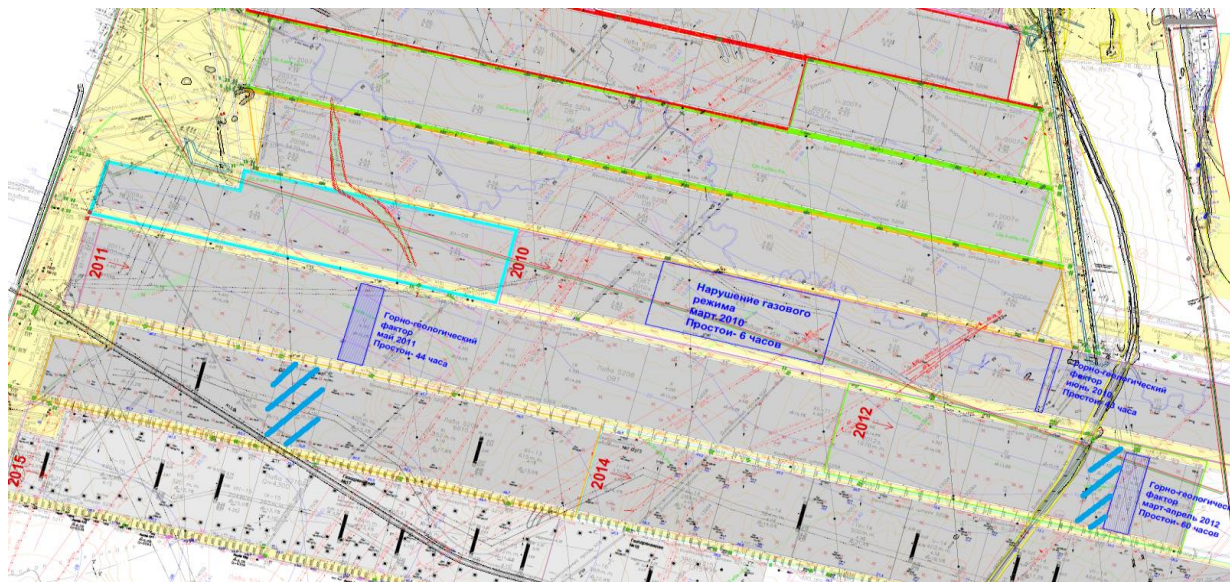


Рис.3.11 - Фрагмент информационного массива шахты «Котинская» (пласт 52)
ОАО «СУЭК-Кузбасс»

По максимальным значениям факторных нагрузок для дальнейшего исследования были отобраны десять параметров, которые имели наибольшие корреляционные связи с двумя выделенными общими факторами (табл. 3.7).

Количество общих факторов (гиперпараметров) определялось путем вычисления собственных чисел матрицы $X(l:p, l:n)$ в модуле факторного анализа.

Таблица 3.7 – Параметры, принятые для анализа факторных нагрузок

Параметр	Факторная нагрузка на Y_1	Факторная нагрузка на Y_2
t_1	0.912678	0.198875
t_2	0.856987	-0.145987
t_3	0.916543	0.0041237
t_4	0.947896	-0.0054789
t_5	0.854321	-0.123785
t_6	0.698768	0.447865
t_7	0.643211	0.311453
t_8	-0.006759	0.896543
t_9	0.298765	0.589766
t_{10}	-0.265432	0.856746

Основополагающим вопросом при этом является определение количества общих факторов. Данная процедура связана с процессом последовательного выделения общих факторов, которые включают в себя все меньше и меньше изменчивости. Окончательное решение выносится о моменте остановки процедуры выделения общих факторов, и здесь все зависит от того, что принято считать малой «случайной» изменчивостью.

Данная процедура регламентируется использованием критерия Кайзера. По нему рекомендуется отбирать те факторы, собственные значения которых превышают 1. Это означает выделение дисперсии, эквивалентной, по крайней мере, дисперсии одной переменной, и в этом случае он игнорируется. Еще используется критерий «каменистой осыпи», который реализуется в графическом виде (предложен Кэттелем). Он предложил процедуру отыскания места на графике, где убывание собственных значений факторных нагрузок слева направо максимально замедляется. Высказывается основное предположение, что справа от этой точки располагается только «факториальная осыпь».

Исходя из этого получено, что первые два собственных числа этой матрицы формируют более 72% общей дисперсии всех параметров. Данная зависимость исключает необходимость увеличения числа рассматриваемых факторов, так как третий общий фактор долю общей дисперсии увеличивает незначительно (рис.3.12).

Значения факторных нагрузок на два общих фактора для десяти параметров технологической системы угольной шахты «Котинская» получены с использованием способа вращения осей факторного пространства *варимакс*. Данные таблицы 3.7 свидетельствуют, что первые семь параметров имеют максимальные значения факторных нагрузок на первый общий фактор Y_1 и одновременно минимальные значения на второй фактор Y_2 . Аналогичная картина получена и для последних трех параметров. Данная тенденция свидетельствует об успешном выборе способа вращения осей факторных нагрузок, что подтверждается наличием тесной статистической связи между

двумя группами выделенных параметров технологической системы угольной шахты.

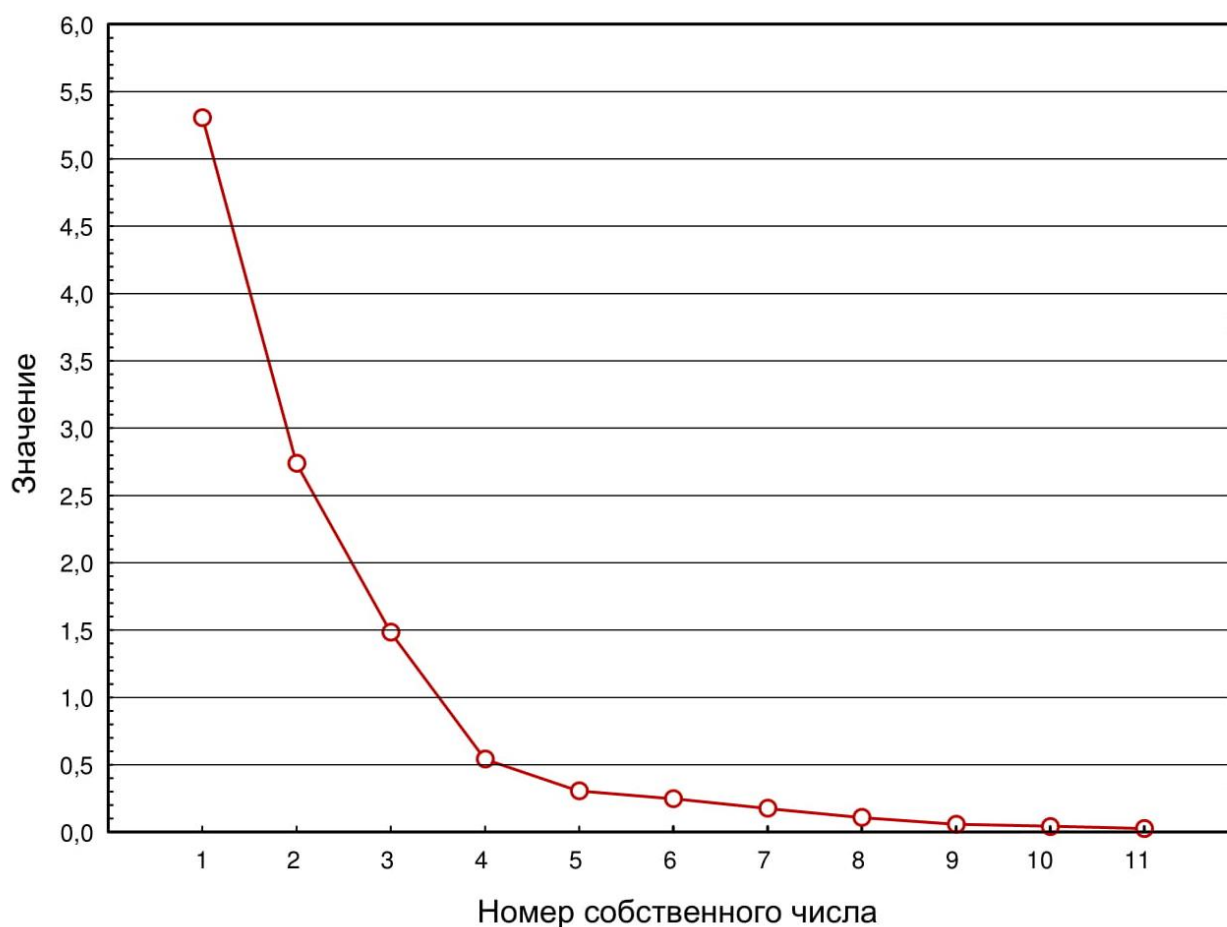


Рис.3.12 - График собственных чисел исходной матрицы параметров

Учитывая физический смысл выделенных параметров (таблица 3.7), первый общий фактор Y_1 можно назвать гиперпараметром технологичности горно-геологических условий разработки угольной шахты. Действительно, основные параметры угольной шахты данного фактора характеризуют газообильность, водообильность шахты и нарушенность угольных пластов. Величины Δt определяют приращение этих параметров для технологической схемы шахты.

Второй общий фактор Y_2 имеет смысл, ассоциируемый с производственно-техническим уровнем функционирования технологической системы угольной шахты, т.к. определяет нагрузку на очистной забой и эксплуатационные издержки при добыче угля.

Для более глубокого исследования в дальнейшем использовался набор матриц $X(1:10, j:200)$, которые последовательно выделялись из основного массива. Для каждой матрицы вычислялись факторные нагрузки и значения общих факторов.

Установлено, что при увеличении размера матрицы параметров на 200 измерений меняются числовые значения факторных нагрузок (табл. 3.8).

В таблице 3.8 представлены значения факторных нагрузок на первый и второй факторы (величины C_1 и C_2) для отдельных выборок параметров различного объема (верхний индекс означает объем выборки). Видно, что для выборки объемом 400 измерений (это соответствует дате 15 сентября 2015 года) наблюдается уменьшение факторной нагрузки C_2^{400} для параметра Δt_4 от 0.8364 до 0.3715. Аналогичная картина наблюдается для факторной нагрузки C_1^{800} параметра Δt_5 на первый общий фактор.

Параметр Δt_4 связан с увеличением нарушенности выемочного поля. Параметр Δt_5 характеризует повышение водообильности.

Увеличение объема анализируемой выборки до 600, 800 и более строк показывает, что закономерность к уменьшению факторных нагрузок распространяется на параметры Δt_3 , Δt_4 и в дальнейшем выявленная тенденция остается неизменной.

Таблица 3.8 – Значения факторных нагрузок на первый и второй факторы

Параметр	C_1^{200}	C_2^{200}	C_1^{400}	C_2^{400}	C_1^{600}	C_2^{600}	C_1^{800}	C_2^{800}
t_1	0.897654	0.121765	0.908765	0.109856	0.918756	0.039874	0.707634	0.001768
t_2	0.865432	-0.139876	0.88654	-0.10654	0.907658	0.005987	0.897654	0.045321
t_3	0.919876	0.005436	0.932198	-0.11765	0.912876	0.064387	0.643298	0.159876
t_4	0.954328	-0.00654	0.917654	-0.198745	0.643298	-0.118765	0.698765	-0.128765
t_5	0.821786	-0.127654	0.865437	-0.157689	0.918734	-0.097543	0.895432	-0.104567
t_6	0.698765	0.398765	0.598764	0.598765	0.784321	0.156437	0.723876	0.2287654
t_7	-0.001276	0.298765	0.738765	0.318765	0.518734	0.158734	0.495643	0.104532
t_8	0.356432	0.867545	-0.198765	0.818745	0.189765	0.295643	0.175432	0.342876
t_9	-0.198765	0.557656	0.0198765	0.804598	0.498523	0.896543	-0.189654	0.854398
t_{10}	0.0678657	0.789654	-0.228765	0.778543	-0.156432	0.8956987	-0.198765	0.854387

Для установления связи между факторными нагрузками и общими факторами можно использовать коэффициент конгруэнтности [81]:

$$\psi_{Y_1 Y_2} = \frac{\sum_{i=1}^n F_{Y_{1i}} F_{Y_{2i}}}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n F_{Y_{1i}}^2)(\sum_{i=1}^n F_{Y_{2i}}^2)}}, \quad (3.108)$$

где $F_{Y_{1i}}$ — значение фактора Y_1 для i -го измерения параметров,

$F_{Y_{2i}}$ — соответствующее значение фактора Y_2 .

Значение коэффициента конгруэнтности (3.108) меняется в пределах от -1 до +1.

Однако более информативным с точки зрения объективности, является среднее расстояние между факторными нагрузками, которое вычисляется как расстояние между точками n -мерного пространства.

Для этого пользуются выражением:

$$r_a = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m d_i, \quad (3.109)$$

$$\text{где } d_i = ((a_{1i} - a_{1_1})^2 + (a_{2i} - a_{2_1})^2)^{1/2}$$

d - расстояние между факторными нагрузками a_1, a_2 при первом и последующем контроле параметров;

$i = 1, m$ ($m = 10$ - количество учитываемых параметров).

Вычисленные значения среднего расстояния r_a для анализируемых факторных нагрузок представлены на рис. 3.13. Как видно из рис. 3.13, на начальном этапе контроля за производственно-техническими параметрами (2015 г.) с увеличением срока эксплуатации технологической системы шахты «Котинская» расстояние между факторными нагрузками непрерывно увеличивалось с незначительным приращением, что отмечалось при соответствующих статистических измерениях.

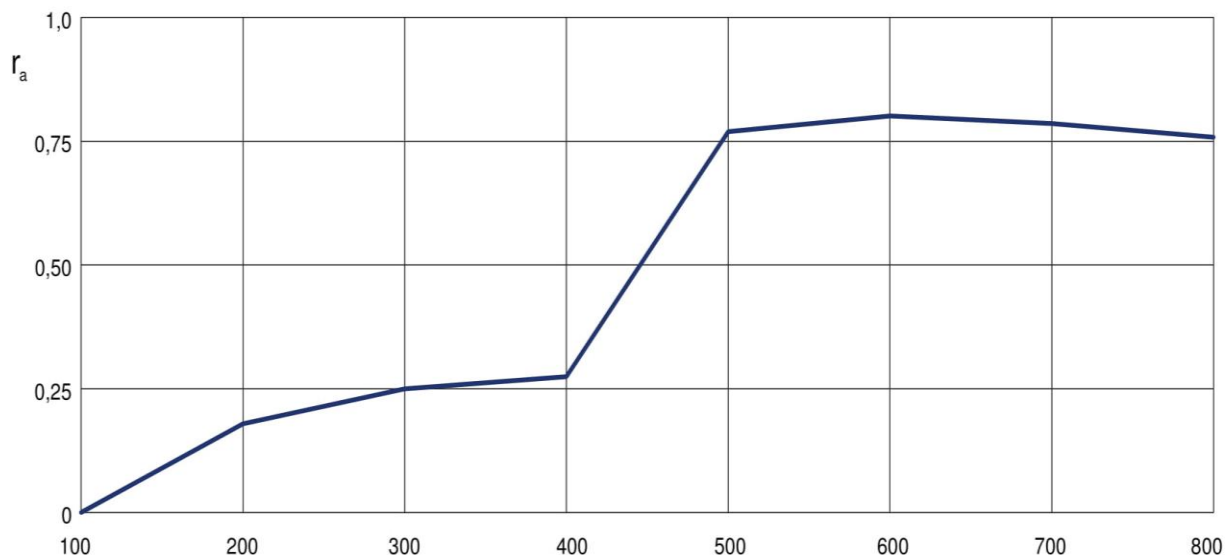


Рис. 3.13 - Изменение среднего расстояния между факторными нагрузками в зависимости от срока эксплуатации технологической системы угольной шахты

Если сопоставить полученные результаты на рис. 3.13 и числовые характеристики в таблице 3.8, то можно сделать вывод о том, что изменение расстояния между факторными нагрузками связано, прежде всего, с параметрами Δt_3 , Δt_4 , Δt_5 .

Эти параметры характеризуют приращение газообильности, нарушенности и водообильности. Следовательно, дату начала этого процесса (ухудшение производственно-технических параметров) несложно определить по номеру массива в таблице 3.8 (это запись параметров под номером 400).

Изменение газового баланса, нарушенности и водообильности, зафиксированное по изменению расстояния между факторными нагрузками и не обнаруженное по статистической отчетности, вызвано попаданием в рабочее пространство очистных забоев этих негативных компонентов рабочей среды.

Анализ тенденции увеличения среднего расстояния между факторными нагрузками, измеренного для выделенной группы параметров технологической системы шахты «Котинская» ОАО «СУЭК-Кузбасс», позволяет утверждать, что отмеченное накопление этих негативных компонентов в конечном итоге обязательно привело бы к ухудшению технико-экономических показателей [82].

Ретроспектива полностью подтвердила выводы, сделанные на основании факторного анализа параметров. Данная ситуация продолжалась почти весь 2015 год. Это соответствовало геомеханическим процессам ведения горных работ и постепенного малозначительного накопления вредностей. Существенного ухудшения производственно-хозяйственной деятельности в это время не наблюдалось. Далее, как показали дополнительные исследования, возникли предпосылки для ухудшения технико-экономических показателей. На рис. 3.13 этот процесс характеризуется возрастанием расстояния r_a от 0.25 до 0.75.

В заключении следует отметить, что факторный анализ параметров технологических систем угольных шахт позволяет выявить на ранней стадии возникновение определенных диспропорций в функционировании технологических схем угольных шахт и различных ее подсистем, которое часто невозможно заметить путем непосредственного наблюдения за параметрами. Это объясняется тем, что нарушение корреляционных связей между параметрами возникает значительно раньше, чем проявление диспропорций в функционировании отдельных технологических подсистем

ВЫВОДЫ

1. В качестве главного критерия для выбора оптимального проектного варианта строительства и реконструкции угольной шахты следует принимать стоимостную оценку вариантов с учетом наиболее полного отражения всех различий в рассматриваемых вариантах: объема капиталовложений, сроков строительства и распределения капиталовложения по годам, года ввода шахты в эксплуатацию, объема добычи, уровня себестоимости и цены.

2. Технологическое обоснование реконструкции технологических систем угольных шахт следует выполнять на базе квалиметрической интегральной оценки георесурсного потенциала и основных уровней производства, что дает возможность выявить сложившиеся в определенный момент функционирования негативные тенденции и проследить их возможные пути продолжения в ближайшей и долгосрочной перспективе. Сопоставляя интегральные показатели различных уровней производства, можно установить очередность совершенствования и обновления шахтного фонда.

3. Согласно проведенным исследованиям и теории развития систем у технологических систем угольных шахт имеются предельные точки развития, после достижения которых резко уменьшается их технико-экономическая эффективность, что однозначно приводит к необходимости их реорганизации и модернизации. Исходя из этого экономическое обоснование реконструкции должно включать определение соответствующего момента времени, который отчетливо улавливает явную тенденцию превышения предельных затрат над доходами угледобывающего предприятия, причем данная тенденция будет однозначно прогрессировать в среднесрочной перспективе (метод предельной критической точки).

ГЛАВА 4. АПРОБАЦИЯ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

4.1 Краткая характеристика действующего положения технологической системы шахты имени В.Д. Ялевского

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ГОРНОТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ШАХТНОГО ПОЛЯ

В геологическом строении южной части Соколовского месторождения принимают участие осадки верхней части разреза ильинской подсерии и нижней части разреза ерунаковской подсерии.

Ерунаковская подсерия (P_{2er}) охватывает верхнюю, наиболее продуктивную часть разреза кольчугинской серии, широко распространена на всей площади района и месторождения. Подсерия подразделяется на ленинскую, грамотеинскую и тайлуганскую свиты. Полная мощность ее в районе составляет 1660-2315 м. В пределах Соколовского месторождения имеют распространение ленинская и грамотеинская свиты, граница между которыми проводится по кровле угольного пласта 60.

Ленинская свита (P_{2ln}) сложена в равной степени как песчаниками, так и алевролитами. Циклы осадконакопления крайне неравномерны, мощные (25-37 м) слои песчаников чередуются с интервалами частого переслаивания песчаников и алевролитов. Песчаники мелкозернистые полимиктовые, алевролиты преимущественно тонкозернистые, реже встречаются аргиллиты и углистые аргиллиты, а также конкреции и прослои сидеритов. Мощность отложений свиты в пределах месторождения составляет 600-780 м. В отложениях свиты содержится до 22 пластов угля, а пластов, повсеместно сохраняющих рабочее значение - до 13.

Грамотеинская свита (P_{2gr}) характеризуется неравномерной мощностью циклов осадконакопления. В разрезе этой свиты вскрыто 5 угольных пластов из которых 4 обладают рабочими значениями. Угольные пласты характеризуются сложным строением. Породные прослои, мощностью от 0,2 до 0,6 м, делят

пласты от 2-х до 6 пачек. Наиболее мощный и сложный пласт Кыргайский 69. В литологическом отношении разрез свиты сложен песчаником и алевролитом мелкозернистым.

Четвертичные отложения представлены бурыми суглинками и глинами, а в пониженных частях рельефа, преимущественно под поймами рек, логов и даже по склонам значительным распространением пользуются обводненные иловатые суглинки, мощность которых может достигать 15-20 и более метров.

Кыргайская (Соколовская) синклиналь - основная складчатая структура месторождения характеризуется наличием широкой призматической части с углами наклона пород 0-5°, пологим юго-восточным крылом с углами падения 0-15° в северной части и до 25-70° в южной части площади, причем с юго-восточной оконечности в северо-западном направлении угленосные отложения этого крыла постепенно срезаются зоной Иганинского взброса. Юго-западное крыло синклинали при переходе от призматической части к периферии резко приобретает крутое до 70-85° падение, что при современных способах отработки запасов не позволяет оценивать залегающие в нем угольные пласты как перспективные для добычи.

Евтинская антиклиналь представляет собой асимметричную складку с пологозалегающим юго-западным крылом (10-15°) и крутым (68-80°) северо-восточным крылом. В пределах описываемой площади структура получила развитие лишь в крайней северо-восточной части от Котинской до 82 р.л. (протяженность 3 км), где ось складки срезается зоной Иганинского (Виноградовского) взброса.

По сложности геологического строения и условиям залегания угольных пластов участок относится к месторождениям 1-й группы "Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых.

Краткая характеристика пластов приведена в таблице 4.1.

Пласт 52. Кровля пласта сложена мелкозернистыми алевролитами слабой и средней прочности (от 16 до 42 МН/м²), которые почти на всей площади заполняют пространство до пласта 53.

Таблица 4.1 – Краткая характеристика угольных пластов

Номер пласта (классификация по мощности)	Мощность, от-до/среднее		Расстояние до вышележащего пласта, м	Строение	Мощность породных прослоев от-до/среднее, м	Степень выдержанности пласта
	По сумме уг.пачек, м	По сумме уг.пачек и внутрипластовых породных прослоев, м				
49 (средней мощности)	2,20-2,29/ 2,71	2,20-3,36/ 3,03	27	сложное	0,0-0,89/ 0,32	относительно выдержанный
50 (мощный)	3,38-4,30/ 3,76	3,38-4,30/ 3,79	26	простое	0,02-0,2/ 0,08	выдержанный
51 н.п. (от весьма тонкого до средней мощности)	0,52-1,24/ 0,98	0,64-1,89/ 1,34	0,2-5,35	сложное	0,0-0,73/ 0,37	невыдержанный
51 (средней мощности)	2,23-3,21/ 2,72	2,78-3,51/ 3,18	35	сложное	0,3-0,69/ 0,46	относительно выдержанный
51 в.п. (средней мощности)	1,45-2,36/ 1,99	1,45-2,46/ 2,02	33	сложное	0,0-0,15/ 0,09	относительно выдержанный
52 (мощный)	3,76-5,04/ 4,33	3,93-5,19/ 4,54	40	от простого до сложного	0,0-0,39/ 0,17	относительно выдержанный

Непосредственная кровля прогнозируется среднеустойчивой, основная среднеобрушаемой, ближе к легкообрушаемой.

Ложная кровля представлена мелкозернистым алевролитом, ослабленная за счет включений линз угля и трещиноватости. Мощность достигает 0,7 м.

Ложная почва сложена углистыми алевролитами.

Непосредственная почва представлена алевролитами мелкозернистыми с углистыми включениями, не склонна к пучению.

Пласт 51. Непосредственная кровля сложена мелкозернистыми алевролитами мощностью от 0,8 до 9,4 м. Прочность пород на сжатие (около 30 МН/м²). Кровля прогнозируется среднеустойчивой.

Основная кровля практически на всей разведочной площади представлена песчаниками, прочность которых колеблется от 35 до 75 МН/м², мощность достигает 23 м. Нижняя часть слоя менее прочная и приближается к

крупнозернистому алевролиту. Кровля прогнозируется труднообрушаемой в зависимости от близости песчаника к угольному пласту.

Ложная кровля представлена мелкозернистыми алевролитами, ослабленными за счет включений тонких слоев угля и углистых пород мощностью до 0,7 м. Ложная кровля развита на всей площади участка.

Ложная почва представлена в основном углистыми алевролитами мощностью до 0,5 м.

Непосредственная почва представлена мелкозернистыми алевролитами средней прочности, которая при благоприятных условиях будет слабопучащей.

Пласт 50. Непосредственная кровля сложена мелкозернистыми, переходящими в крупнозернистые, алевролитами мощность которых меняется от 0,7 до 9,8 м. Кровля прогнозируется среднеустойчивой.

Основная кровля представлена песчаниками. Кровля прогнозируется среднеобрушаемой, при приближении к угольному пласту на расстояние менее 5 м классифицируется труднообрушаемой.

Ложная кровля представлена мелкозернистыми трещиноватыми алевролитами. Ложная почва представлена в равной мере углистыми и мелкозернистыми алевролитами мощностью до 0,4 м и имеет широкое распространение.

Непосредственная почва представлена мелкозернистыми алевролитами.

Пласт 49. Непосредственная кровля сложена мелкозернистыми, переходящими в крупнозернистые, алевролитами, имеющими среднюю прочность (30-40 МН/м²). Мощность алевролитов меняется от 0,7 до 12 м. Кровля прогнозируется среднеустойчивой.

Основная кровля сложена песчаниками, в нижней части переслаивающегося с алевролитами. Кровля прогнозируется среднеобрушаемой.

Ложная почва представлена переслаиванием углистых и мелкозернистых алевролитов, а также слоем алевролита мощностью менее 0,3 м.

По результатам газового опробования поверхность зоны метановых газов находится в интервале абсолютных отметок от +150 м до +190 м, величина метаноносности угольного пласта 52 на границе метановой зоны составляет 3 м³/т.

В составе газов метановой зоны, помимо метана, присутствует азот, углекислый газ, примеси тяжелых углеводородных газов - этана (0,1-1,9 %), пропана (0,1-0,9 %), бутана (0,1 %).

Градиент нарастания метаноносности угольных пластов изменяется с глубиной залегания и составляет на горизонте +100 м - 3,06 м³/т с.б.м., на горизонте +0 м - 2,2 м³/т с.б.м., на горизонте -100 м - 1,66 м³/т с.б.м. и на горизонте -200 м - 1,3 м³/т с.б.м.

Прогноз метаноносности угольного пласта 52 в границах рассматриваемого участка "Нижние горизонты шахты "им. В.Д. Ялевского", составит 9-12 м³/т. По предоставленным в 2017 году данным, средняя абсолютная газообильность шахты им. В.Д. Ялевского по метану равна 24,86 м³/мин, относительная 4,55 м³/тонну сут. добычи. Абсолютная газообильность шахты по углекислому газу в среднем составила 6,74 м³/мин, а относительная углекислотообильность - 4,24 м³/тонну сут. добычи.

Критическая глубина проявления внезапных выбросов угля и газа для пластов 50, 49, 51 составляет 490 м, 530 м и 470 м от дневной поверхности соответственно, что превышает максимальную глубину ведения горных работ по пластам 50 (360 м), 49 (490 м) и 51 (320 м) в рассматриваемых границах.

Пласты поля шахты им. В.Д. Ялевского отнесены к угрожаемым по горным ударам с глубины 150 м от поверхности. Все угольные пласты участка имеют выход летучих веществ, значительно превышающий предел и их можно отнести к опасным по взрывчатости угольной пыли, породы считаются силикозоопасными. Угли пластов 53, 52, 51, 50, 49 склонны к самовозгоранию. Время инкубационного периода самовозгорания угля пласта 46-52 суток.

4.2 Обоснование проектных решений по реконструкции

Основным проектом строительства шахты им. В.Д. Ялевского предусмотрено строительство шахты по схеме «шахта – пласт», т.е. горные работы ведутся в пределах одного пласта одним очистным забоем.

Согласно ТЭО инвестиций строительства шахты им. В.Д. Ялевского пласт 52 был вскрыт шестью наклонными стволами, расположенными попарно на трех промплощадках шахтного поля - основной, центральной и фланговой:

- с основной площадки - главным путевым и конвейерным стволами по пласту 52 и вентиляционным наклонным стволом - по пласту 51. Для подачи свежего воздуха в шахту пройден наклонный вентиляционный шурф до пересечения с наклонным стволом 51 (на отметке +175 м);
- с центральной площадки - центральными путевым и конвейерным наклонными стволами до отметки +150 м;
- с фланговой площадки - фланговыми путевым и конвейерным стволами.

В результате реализации проектных решений по реконструкции центральная промплощадка со всеми объектами подземного и поверхностного строительства исключается, так как стволы - путевой и конвейерный подработаны лавами 5201 и 5206. Устья стволов заперемычиваются.

Проектные решения

Вскрытие пласта 50 предусматривается тремя наклонными стволами - конвейерным и путевым стволами с основной промплощадки и путевым стволом с фланговой промплощадки. Для выдачи исходящей струи воздуха из очистного и подготовительных забоев предусматривается проведение флангового конвейерного ствола без выхода на поверхность. Проведение стволов предусматривается по породе в кровле пласта 50 в соответствии с требованиями п. 588 ПБ 05-618-03. Также для передачи свежего воздуха с пласта 51 и 52 на пласт 50 и выдачи угля на существующие угольные склады предусматривается проведение вентиляционного (с пласта 51 на пласт 50) и

флангового путевого (с пласта 52 на пласт 50) квершлагов, конвейерного и флангового конвейерного квершлагов (с пласта 52 на пласт 50), а также проведение вентиляционного гезенка (с пласта 52 на вентиляционный квершлаг).

Данная схема вскрытия позволяет осуществить полную конвейеризацию выдачи угля от лавы на существующую конвейерную цепочку до угольного склада шахты с применением автоматизированных систем управления конвейерными линиями.

Подготовка шахтного поля в проектируемых границах принимается односторонними панелями с размерами 1960м, 2460м, 1160 м. Проектные решения по реконструкции технологической системы шахты им. В.Д. Ялевского приведены на рисунках 4.1, 4.2, 4.3.

Выемочные столбы подготавливаются проходкой спаренных штреков от фланговых и центральных стволов. Подготовка лав предусматривается проведением от конвейерного и путевого (фланговых путевого и конвейерного) стволов спаренными забоями конвейерного и вентиляционного штреков сечениями в свету 17,5 - 18,9 м² с оставлением межштрековых целиков согласно заключениям СФ ВНИМИ № 124 от 27.05.2010 г. Крепление участковых подготовительных выработок осуществляется сталеполимерной анкерной крепью, крепление вентиляционного штрека 5001 бис выше зоны безопасного ведения горных работ предусматривается металлической арочной крепью А13-22.

Крепление выработок анкерной крепью осуществляется в соответствии с Заключением СФ ВНИМИ № 124 от 27.05.2010 г.

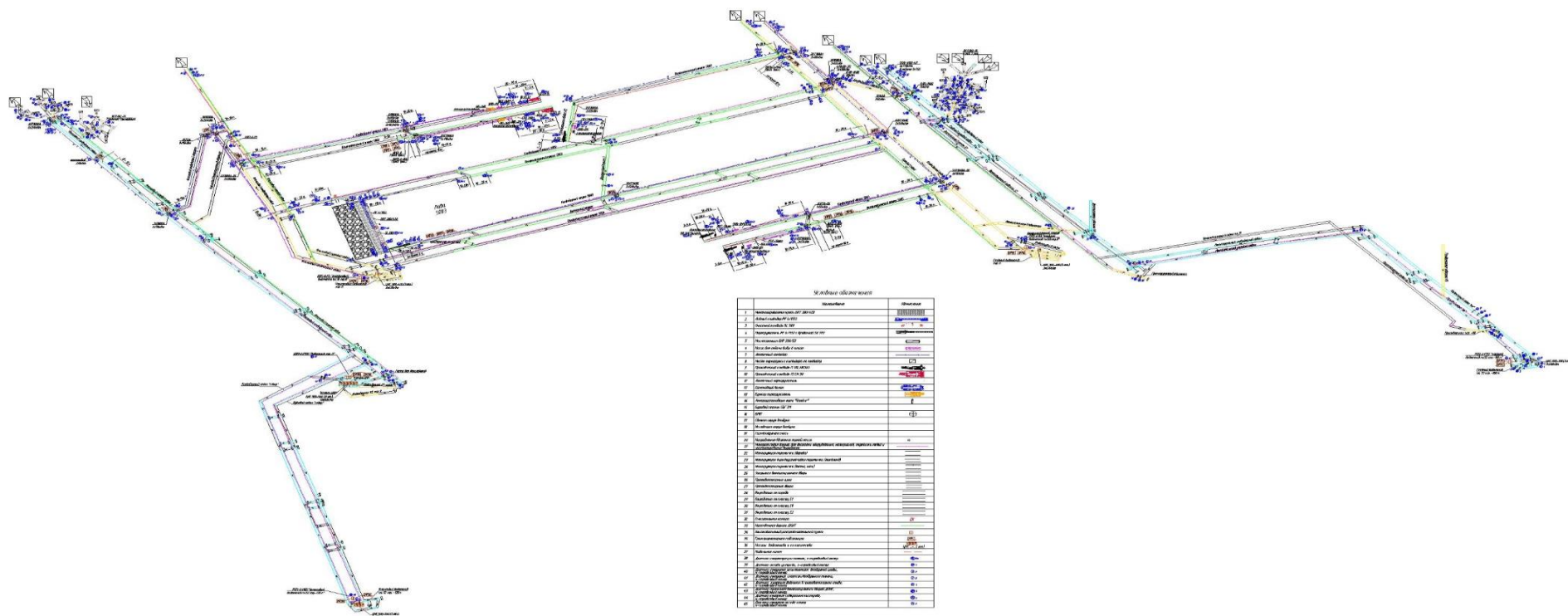


Рис. 4.2 – Проектные решения по реконструкции технологической системы шахты имени В.Д. Ялевского

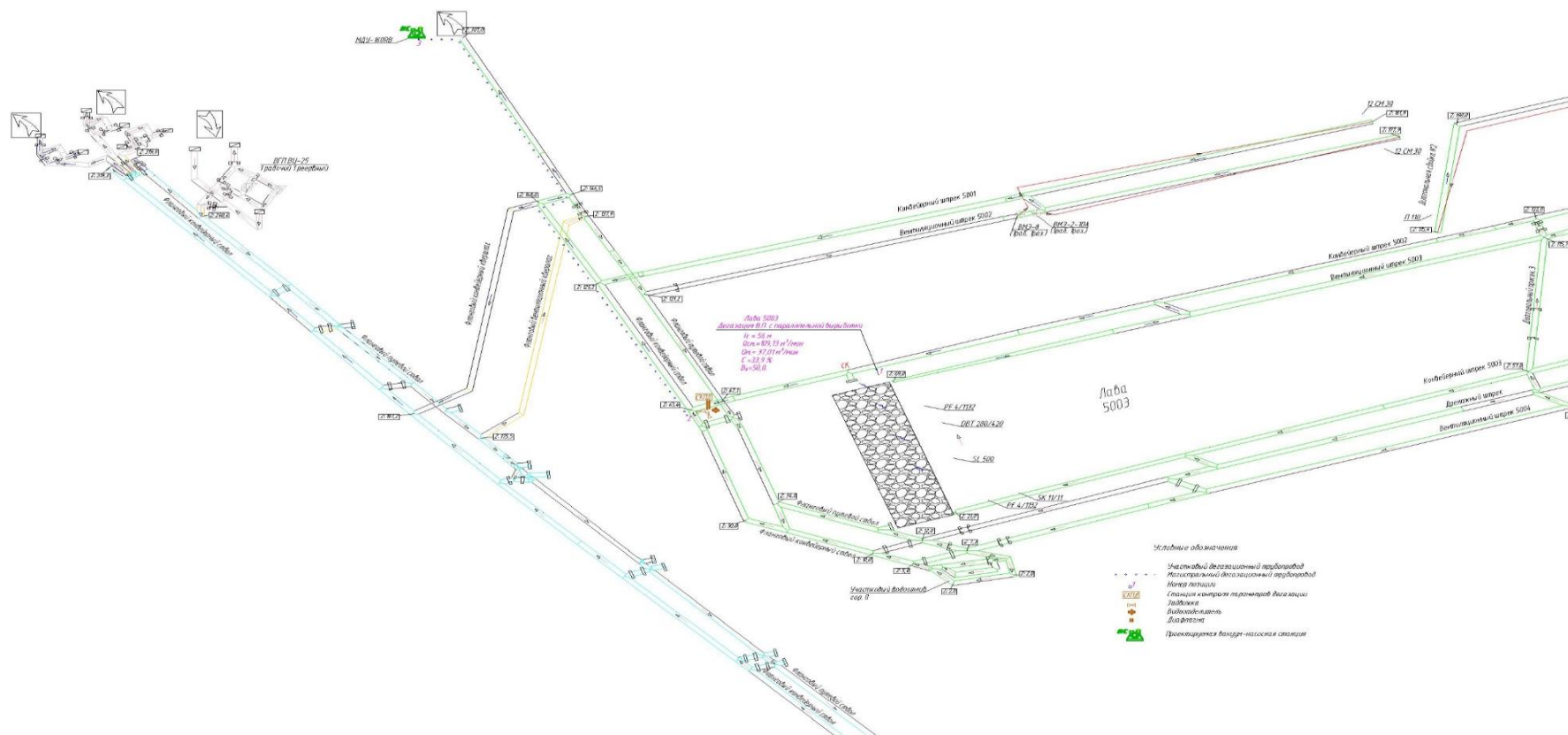


Рис. 4.3 – Проектные решения по реконструкции технологической системы шахты имени В.Д. Ялевского

Для организации ведения спасательных работ и запасного выхода с действующего выемочного участка и подготовительных забоев конвейерного и вентиляционного штреков нижележащей лавы проектом предусматривается проведение диагональных просек ($L = 340 - 350$ м, $S_{св} = 9,9$ м²) в контуре выемочных столбов, крепление диагональных просек осуществляется сталеполимерной анкерной крепью.

Вскрытие пласта 49 предусматривается путем проведения путевого и флангового путевого стволов с поверхности.

Для организации ведения спасательных работ и запасного выхода с действующего выемочного участка и подготовительных забоев предусматривается проведение фланговых конвейерного и путевого квершлагов с пласта 52.

Для перегруза горной массы на существующую конвейерную цепочку предусматривается проведение конвейерного квершлага с пласта 52. Проведение флангового конвейерного и конвейерного стволов по пласту 49 предусматривается без выхода на поверхность.

Для обеспечения бремсберговой схемы проветривания предусматривается проведение вентиляционного и промежуточного квершлагов с пласта 51.

Вскрытие пласта 51 со стороны основной промплощадки предусматривается проведением конвейерного и путевого квершлагов с пласта 50, с которых далее проводятся путевой и конвейерные стволы без выхода на поверхность.

Вскрытие пласта 51 со стороны фланговой промплощадки предусматривается осуществить фланговыми конвейерным и путевым квершлагами, а также фланговым путевым стволом, проводимым с поверхности. Для сохранения на фланге существующей конвейерной цепочки с флангового конвейерного квершлага предусматривается проведение флангового конвейерного ствола без выхода на поверхность.

Подготовку выемочных столбов пластов 49 и 51 предусматривается осуществить по схеме аналогичной схеме подготовке пласта 50.

Учитывая горно-геологические и горнотехнические условия, принимается система разработки длинными столбами по простиранию с полным обрушением кровли:

- отработка пласта предусматривается в восходящем порядке с оставлением межлавных целиков, размеры целиков приняты согласно заключению СФ ВНИМИ № 124 от 27.05.2010;
- отработка выемочных столбов осуществляется в обратном порядке от стволов фланговой промплощадки к стволам основной промплощадки;
- длина лав принимается до 290 м в соответствии с письмом № БК-45/2069 от 12.08.2009 Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору;
- схема подготовки выемочных столбов – проведение спаренных выемочных штреков;
- схема проветривания выемочных участков – комбинированная с изолированным отводом метановоздушной смеси на отстающую сбойку, движение воздуха по лавам - восходящее;
- крепление подготовительных выработок – сталеполимерная анкерная крепь в соответствии с заключением СФ ВНИМИ № 124 от 27.05.2010.

Длина столбов колеблется от 1640 до 4430 м.

Очистные забои оборудуются действующим на шахте механизированным комплексом DBT производства Германии, в состав которого входит следующее оборудование:

- механизированная крепь DBT 220/480 2х3297 к11;
- штрековый конвейер DBT PF 4/1132;
- лавный конвейер DBT PF 4/1132;
- комбайн «Айкхофф» SL-500;
- дробилка ударная валковая SK 11/11.

При отработке пластов 50, 49, 51 предусматривается в одновременной работе 5 подготовительных забоев. Проведение выработок предусматривается проходческими комбайнами П-110, Sandvik MR 340 и JOY.

Для транспортирования горной массы подготовительные выработки оборудуются ленточными конвейерами 2ЛТ-100У и 2ЛЛТ-1200А, подвесными ленточными перегружателями PDT-SIGMA, а также выработки, проводимые при помощи комбайнов JOY для обеспечения высоких скоростей проходки, дополнительно оборудуются самоходными вагонами 10SC32-48C SASC1122, 10SC32 SASC1010 и 5BC15M и бункер-перегружателями BF-14B-58-64C и BF-14B-54-7C.

Темпы проходки принимаются:

- для стволов - до 100 м/мес.;
- для выемочных штреков - 200-250 м/мес. при проходке их при помощи комбайнов П110 и MR 340 и 300 м/мес. - комбайнами JOY.

Подготовительные забои оборудуются буровым станком БЖ-45 для бурения скважин для предварительного увлажнения угля или барьерной дегазации пласта и установкой для нагнетания воды УНВ-2Н. Для бурения шпуров под анкерное крепление используется установка «Ramdor», «Wombat» в проходческих забоях, оборудованных комбайнами MR 340 и П-110.

Проветривание подготовительных забоев осуществляется вентиляторами местного проветривания ВМЭ-8 и ВМЭ-2-10.

Крепление всех проектируемых основных и подготовительных выработок предусматривается сталеполимерной анкерной крепью в соответствии с заключением СФ ВНИМИ № 124 от 27.05.2010 г.

Для выдачи всей добычи шахты настоящим проектом сохраняется полная конвейеризация процесса транспортировки угля от забоев на угольные склады, размещаемые на основной промплощадке и фланговой промплощадке.

При отработке лав уголь из очистного забоя лавным конвейером DBT PF 4/1132 выдается на конвейерный штрек, на перегружатель DBT PF 4/1132 и дробилку SK 11/11. Далее уголь транспортируется по конвейерному штреку

ленточными конвейерами ЗЛЛТ-1400 до конвейерного ствола отрабатываемого пласта.

По конвейерному стволу горная масса транспортируется до конвейерного квершлага, с которого перегружается на ленточный конвейер, установленный на главном конвейерном стволе пласта 52, и далее горная масса ленточным конвейером 5ЛЛ1400-4П транспортируется на угольный склад.

При проведении подготовительных выработок с фланга горная масса из забоя выдается на фланговый конвейерный ствол отрабатываемого пласта по которому транспортируется до флангового конвейерного квершлага, с которого перегружается на ленточный конвейер 2ЛТ-1000А и транспортируется на поверхность. С угольного склада уголь вывозится автотранспортом.

Для доставки материалов, оборудования и людей в шахту используются наклонные дороги напочвенные тяжелые ДКНТ - на фланговом и главном путевых стволах пласта 52, на фланговом путевом и путевом стволах разрабатываемых пластов 50, 49, 51 и напочвенная дорога ДКНУ в случае аварии, смонтированная в вентиляционном наклонном стволе пласта 51.

Для доставки людей и оборудования в очистные и подготовительные забои предусматривается использование монорельсовой дороги ДП-155У, оборудованной дизель-гидравлическими подвесными локомотивами DLZ-110 F.

Генеральная схема развития горных работ шахты В.Д. Ялевского предусматривает отработку балансовых запасов угля в границах лицензии КЕМ 01339 ТЭ участок «Поле шахты Котинская» и КЕМ 01356 ТЭ участок «Нижние горизонты шахты «Котинская».

Предусматривается следующий порядок отработки пластов в лицензионных границах:

- 1 этап - доработка запасов пласта 52 (лавы 5210, 5211) в границах лицензии КЕМ 01356 ТЭ;
- 2 этап - отработка запасов пласта 50 (лавы 5003 - 5001, 5004, 5005) в границах лицензии КЕМ 01339 ТЭ;

- 3 этап – отработка запасов пласта 50 (лавы 5004 - 5011) в границах лицензии КЕМ 01356 ТЭ;
- 4 этап - отработка запасов пласта 49 (лавы 4904 - 4901, 4905, 4906) в границах лицензии КЕМ 01339 ТЭ;
- 5 этап - отработка запасов пласта 49 (лавы 4905 - 4912) в границах лицензии КЕМ 01356 ТЭ;
- 6 этап - отработка запасов пласта 51 (лавы 5103 - 4901, 5104, 5105) в границах лицензии КЕМ 01339 ТЭ;
- 7 этап - отработка запасов пласта 51 (лавы 5104 - 5111) в границах лицензии КЕМ 01356 ТЭ.

В период отработки запасов пласта 50 производственная мощность шахты будет находиться на уровне 5000 тыс. тонн угля в год с учетом добычи из подготовительных забоев. В период доработки запасов пласта 50 предусматривается подготовка пласта 49, по схеме аналогичной схеме подготовки пласта 50.

В период отработки пласта 49 годовая добыча шахты составит 3990 - 5260 тыс. тонн угля в год с учетом добычи из подготовительных забоев.

Подготовка пласта 51 предусматривается в период доработки пласта 49 по схеме аналогичной схеме подготовки пласта 50.

В период отработки промышленных запасов пласта 51 годовая добыча шахты составит 3310 - 4970 тыс. тонн угля в год с учетом добычи из подготовительных забоев.

Общий срок отработки балансовых запасов в технических границах шахты В.Д. Ялевского составит 26 лет, за этот период предусматривается добыть 97841 тыс. тонн чистого угля или 123945 тыс. тонн по горной массе.

В результате подсчета установлено, что общее количество балансовых запасов каменного угля в технических границах шахты им. В.Д. Ялевского (лицензии КЕМ 01339 ТЭ, КЕМ 01356 ТЭ) по пластам 49-51 составляет 140113 тыс. т, в том числе категории А - 35839 тыс. т, В - 63040 тыс. т, С₁ - 41234 тыс. т. из них:

- по пласту 50 - 59836 тыс. т, в том числе категории А - 26105 тыс. т, В - 25582 тыс. т, С₁- 8149 тыс. т;
- по пласту 49 - 46391 тыс. т, в том числе категории В - 23070 тыс. т, С₁ - 23321 тыс. т;
- по пласту 51 - 33886 тыс. т, в том числе категории А - 9734 тыс. т, В - 14388 тыс. т, С₁ - 9764 тыс.т.

Согласно генеральной схеме развития горных работ потери угля по пластам 50, 49, 51 распределяются следующим образом:

- общешахтные потери;
- из-за геологических условий;
- эксплуатационные потери по площади.

Общее количество потерь по пластам составляет 46082 тыс. тонн чистого угля, которые распределяются по пластам следующим образом:

- пласт 50 - 20789 тыс. тонн;
- пласт 49 - 15471 тыс. тонн;
- пласт 51 - 9822 тыс. тонн.

Общие промышленные запасы выемочных столбов по пластам составляют 89655 тыс. тонн по чистым угольным пачкам, что составляет 64 % от балансовых запасов. Всего промышленные запасы по пластам с учетом запасов в проектируемых границах отработки составили 94031 тыс. тонн чистого угля, что составляет 67,1 % от балансовых запасов.

Общее значение количества балансовых и промышленных запасов, принятых в технических границах (лицензии КЕМ 01339 ТЭ, КЕМ 01356 ТЭ) шахты им. В.Д. Ялевского к отработке приведено в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Балансовые и промышленные запасы

Пласт	Балансовые запасы в технических границах шахты В.Д. Ялевского, тыс. тонн		Промышленные запасы, тыс. тонн	Общие проектные потери, тыс. тонн	Коэф. извлечения, %	Коэф. потерь, %
50	ВСЕГО	59836	39047	20789	65,3	34,7
	в т.ч. по лицензии КЕМ 01339 ТЭ	25747	9059	10380		
	в т.ч. по лицензии КЕМ 01356 ТЭ	34089	29988	10409		
49	ВСЕГО	46391	30920	15471	66,7	33,3
	в т.ч. по лицензии КЕМ 01339 ТЭ	21635	7865	13770		
	в т.ч. по лицензии КЕМ 01356 ТЭ	24756	23055	1701		
51	ВСЕГО	33886	24064	9822	71,0	29,0
	в т.ч. по лицензии КЕМ 01339 ТЭ	10917	3793	7124		
	в т.ч. по лицензии КЕМ 01356 ТЭ	22969	20271	2698		
Итого:		140113	94031	46082	67,1	32,9

4.3 Экономическая оценка результатов исследований

Общий объем инвестиционных финансовых средств за весь период отработки запасов составит 8 858,30 млн.руб.

В инвестиционные затраты включаются:

1. Капитальные вложения первоначального периода в соответствии со сводным сметным расчетом - 6 383,4 млн.руб.

2. Капитальные вложения на замену оборудования, в связи с выработкой ресурса - 2 474,85 млн.руб.

1. Капитальные вложения первоначального периода. В соответствии со сводным сметным расчетом капитальные вложения по направлениям затрат приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Капитальные вложения

Показатели	Полная сметная стоимость объектов и затрат, млн.руб.
Подготовка территории строительства	33,5
Горные работы	2535,5
Строительные работы	544,5
Монтажные работы	1017,9
Оборудование	1146,0
Временные здания и сооружения	132,2
Прочие работы и затраты	593,2
Технический надзор	85,6
Проектно-изыскательские работы и авторский надзор	109,2
Непредвиденные работы и затраты	185,9
Всего капитальных затрат на производственное строительство без учета НДС	6 383,4
строительно-монтажные работы	4593,7

Общий срок строительства шахты определен календарным графиком строительства и составляет 36 месяцев.

2. Затраты на замену оборудования, в связи с выработкой ресурса учитываются:

- по действующему оборудованию - на сумму годовых амортизационных отчислений;

- по вводимому оборудованию - данные затраты не учитываются в связи с коротким периодом расчета (2 года).

3. Оборотные средства. Инвестиции в оборотные средства не предусматриваются, так как шахта действующая и при переходе на отработку пласта 50 не увеличивают производственную мощность предприятия. Инвестиционный план в границах горизонта расчета приводится в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Оборотные средства

Показатели	Период рассмотрения					Всего
	2012	2013	2014	2015	2016	
	Строительство			Эксплуатация		
1. Капитальные вложения без НДС	1545615	256885	2268974	0	0	6383444
том числе:						
1.1 Горно-капитальные работы	272524	962880	1300129			2535533
1.2 Строительно-монтажные работы	354120	648507	593158			1595785
1.3 Оборудование	539935	509709	96344			1145988
1.4 Прочие и непредвиденные работы	379035	447759	279344			1106138
2. Замена оборудования	53926	894877	505240	510404	510404	2474852
3. Всего инвестиционных издержек	1599541	3463732	2774214	510404	510404	8858296

Основные составляющие себестоимости добычи угля определены в соответствии с главой 25 Налогового Кодекса РФ с учетом изменений и дополнений на 01.05.2012 года.

Расчет произведен по элементам затрат в соответствии с НК РФ, сложившимися ценами и проектными решениями, с использованием фактических данных по удельным производственным затратам на шахте за 2011 год [83].

Пояснения по расчету производственных затрат приводятся ниже.

Затраты на вспомогательные материалы рассчитаны по основным материалам (ВМ, крепление) исходя из проектных объемов и стоимости материалов, сложившихся на шахте. По остальным статьям - по удельным затратам с корректировкой на проектные объемы. По годам расчетного периода расчеты представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Расчет стоимости вспомогательных материалов

Показатели	Ед.изм.	Период рассмотрения	
		2015	2016
Расход в натуральном выражении:			
Лесоматериалы	тыс. м3	5,0	4,4
Взрывчатые вещества	т	5,0	4,4
Электродетонаторы	тыс.шт.	5,4	4,9
Металл для различных целей	т	300	262
Анкерная крепь, металл всего	т	1429	110
Смола полиэфирная	тонн	32,4	2,4
Металлическая крепь:			
в т.ч. - стойки, верхняк	т	650	-
ж/б затяжка	тыс. м3	0,2	-
металлическая решетчатая затяжка	т	2	-
Затраты на материалы, всего	тыс.руб.	321450	193620
Лес	- -	15000	13200
Взрывчатые материалы	- -	976	859
Анкерная крепь, металл всего	- -	81163	6 248
Смола полиэфирная	- -	5832	432
Металлическая арочная крепь, всего	- -	31268	
Запчасти	- -	51593	51593
Прочие материалы	- -	135619	121288

В основу расчета данного вида затрат был положен анализ фактических данных угледобывающего предприятия:

1. Услуги автотранспорта:

- по перевозке угля – 43,22 руб. с 1 тонны перевозимого угля;
- прочие услуги автотранспорта: постоянные -13318 тыс.руб., переменные -1,40 руб. за 1 тонну.

2. Ремонт основных средств – 1,7% от стоимости существующих основных фондов и 0,2% от стоимости вводимых фондов.

3. Услуги монтажно-наладочных управлений:

- монтаж очистного оборудования – 14456 тыс.руб./1 перемонтаж,
- монтаж и наладка прочего оборудования - 25307 тыс.руб.

4. Аутсорсинг (обслуживание АБК) - 2,47 тыс.руб. в год на рабочего.

5. Прочие услуги:

- постоянные - 168360 тыс.руб.;

- переменные - 4,40 руб./т.

По годам расчетного периода затраты представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 - Расчет затрат на услуги производственного характера, тыс.руб.

Показатели	Период рассмотрения	
	2015 г.	2016 г.
Услуги автотранспорта по перевозке угля	7192	830
Прочие услуги автотранспорта	20318	19422
Ремонт основных средств	84060	12765
Услуги МНУ - всего	39763	39763
- в т.ч. перемонтаж очистного оборудования	14456	14456
- монтаж и наладка прочего оборудования	25307	25307
Аутсорсинг (обслуживание АБК)	2099	1591
Прочие услуги	190360	187544
Итого	343792	261915

Для нагрева воздуха, подаваемого в шахту по вентиляционному стволу, предусматривается воздухонагревательная установка типа МТЭУ-ВНУ-075х3 Кемеровского экспериментального завода средств безопасности (КЭЗСБ). Затраты на топливо принимаются по фактическим данным.

Расчет затрат на электроэнергию произведен по фактическому тарифному меню II квартала 2012 года:

за 1 Мегавт максимальной электрической нагрузки 0,292 руб.;

за 1 кВт.час электроэнергии, учтенной счетчиком 0,886 руб.

На расчетный период затраты на электроэнергию приводятся в таблице 4.7.

Таблица 4.7 - Расчет затрат на электроэнергию, тыс.руб.

Показатели	Период рассмотрения	
	2015 г.	2016 г.
Расчетная мощность энергопотребителей, кВт	11637	9661
Годовой расход электроэнергии, тыс./кВт.ч	76805	62472
Затраты на электроэнергию, тыс.руб.	108776	89162
в том числе:		
-затраты за расчетный максимум нагрузки	40753	33833
-затраты на электроэнергию, учтенную счетчиком	68023	55329

Годовой фонд оплаты труда определен по рассчитанному штату трудящихся и фактического уровня среднемесячной заработной платы по категориям работников:

- рабочие на очистных работах – 50,0 тыс.руб.;
- рабочие на подготовительных работах – 50,0 тыс.руб.;
- рабочие на прочих подземных работах – 40,0 тыс.руб.;
- рабочие поверхности – 25,0 тыс.руб.;
- руководители, специалисты, служащие – 80,0 тыс.руб.

Отчисления на социальные нужды с фонда оплаты труда рассчитаны в соответствии с действующим законодательством в следующем размере:

- пенсионный фонд – 22%;
- взносы на дополнительную пенсию (для подземного персонала) – 6,7%;
- фонд социального страхования – 2,9%;
- обязательное медицинское страхование – 5,1%;
- страхование от несчастных случаев – 8,5%.

Налогооблагаемая база для начисления страховых взносов во внебюджетные фонды в отношении каждого физического лица устанавливается в сумме, не превышающей 512 000 рублей нарастающим итогом с начала расчетного периода.

На расчетный период расчет затрат, связанных с оплатой труда приводятся в таблице 4.8.

Стоимость основных промышленно-производственных фондов определена в соответствии с правилами бухгалтерского учета ПБУ «Учет основных средств» и складывается из балансовой стоимости существующих фондов и стоимости фондов, вводимых за счет капитальных вложений.

Расчет амортизационных отчислений по вводимым фондам произведен согласно Постановлению Правительства РФ от 01.01.02 №1 «О классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы», с учетом изменений и дополнений. По действующим фондам принимаются фактические амортизационные отчисления.

По годам расчетного периода сводный расчет амортизационных отчислений представлен в таблице 4.9.

Прочие затраты рассчитываются в соответствии с главой 25 Налогового Кодекса РФ, ст.264 на основе анализа фактических данных шахты и включают в себя: услуги ВГСЧ, услуги по перевозке людей, услуги по сторожевой и пожарной охране, расходы на дегазацию, аренду оборудования, медицинское обслуживание персонала, охрану труда и прочие расходы.

На расчетный период по статьям расходов затраты приводятся в таблице 4.10.

В сумму налоговых платежей включаются:

- налог на добычу полезных ископаемых - ставка налога принимается для энергетических углей в размере 24 руб. на тонну добытого угля, с учетом коэффициентов - дефляторов согласно приказам Министерства экономического развития РФ. Ставка налога на момент расчета составляет 27,48 руб./т.

- арендная плата за землю - 54,5 млн.руб - по факту;

- экологические платежи - 4,7 млн.руб в год - по данным раздела "Охрана окружающей среды".

На расчетный период по статьям расходов затраты приведены в таблице 4.11.

Таблица 4.8 – Затраты на оплату труда

Показатели	Ед.изм.	Период рассмотрения	
		2015	2016
I. Численность трудящихся, всего	чел.	1028	818
в том числе:			
а) рабочие по добыче	-	849	644
Подземные	-	705	503
- очистные	-	135	135
- подготовительные	-	242	61
- прочие подземные	-	328	307
поверхность	-	144	141
б) руководители, специалисты и служащие	-	179	174
II. Средняя заработная плата, всего	руб.	48531	48318
в том числе:			
а) рабочие по добыче	-	41896	39751
подземные	-	45348	43891
- очистные	-	50000	50000
- подготовительные	-	50000	50000
- прочие подземные	-	40000	40000
поверхность	-	25000	25000
б) руководители, специалисты и служащие	-	80000	80000
III. Фонд оплаты труда, всего	тыс.руб.	598680	474000
в том числе:			
а) рабочие по добыче		426840	306960
подземные		383640	264660
- очистные		81000	81000
- подготовительные	-	145200	36300
- прочие подземные	-	157440	147360
поверхность	-	43200	42300
б) руководители, специалисты и служащие		171840	167040
IV. Отчисления на социальные нужды, всего	тыс.руб.	233049	186450
в том числе:			
5.1. Внебюджетные фонды:		182161	146160
- отчисления на пенсионное страхование	-	143336	111190
- отчисления на социальное страхование по ВНиМ	-	14074	12676
- отчисления на ОМС	-	24751	22293
5.2. Страхование от несчастных случаев	-	50888	40290

Таблица 4.9 – Прочие затраты, тыс.руб.

Показатели	Ед.изм.	Период рассмотрения	
		2015	2016
Услуги ВГСЧ	тыс.руб.	22858	22858
Услуги по перевозке людей	-	87073	69243
Услуги по сторожевой и пожарной охране	-	27267	27267
Расходы на дегазацию	-	100920	100920
Медицинское обслуживание персонала и охрана труда	-	2879	2182
Аренда оборудования (включая лизинг)	-	67237	67237
Прочие расходы	-	46323	46323
Итого прочие расходы	тыс.руб.	351678	333848

Таблица 4.10 – Расчет амортизационных отчислений, тыс.руб.

Показатели	Норма аморти.	Период рассмотрения	
		2015	2016
1. Существующие основные фонды:			
1.1 Горные выработки:			
Первоначальная стоимость		619 371	619371
Амортизация		19 522	17 023
Износ		207 670	224 694
Остаточная стоимость		411 701	394 678
1.2 Здания и сооружения:			
Первоначальная стоимость		841 485	841 485
Амортизация	4%	34 248	34 248
Износ		447 463	481 710
Остаточная стоимость		394 022	359 774
1.3 Оборудование:			
Первоначальная стоимость		2 763 420	2 763 420
Амортизация		629 114	629 114
Износ		2 545 051	2 717 686
Остаточная стоимость		560 115	441 405
Итого существующие основные фонды:			
Первоначальная стоимость		4 224 276	4 224 276
Амортизация	16%	682 883	680 385
Износ		3 200 184	3 424 090
Остаточная стоимость		1 365 838	1 195 857
2. Вводимые основные фонды:			
2.1.Горные выработки:			
Первоначальная стоимость		3 504 342	3 504 342
Амортизация		265 163	254 231
Износ		265 163	519 395
Остаточная стоимость		3 239 179	2 984 947
В том числе:			
<i>Горные выработки, связанные с отработкой 50 пласта</i>			
Первоначальная стоимость		1 886 520	1 886 520
Амортизация		85 405	74 474
Износ		85 405	159 879
Остаточная стоимость		1 801 115	1 726 641
<i>Горные выработки по подготовке линии очистного забоя</i>			
Первоначальная стоимость		1 617 822	1 617 822

Продолжение таблицы 4.10

Амортизация	11%	179 758	179 758
Износ		179 758	359 516
Остаточная стоимость		1 438 064	1 258 306
2.2. Здания и сооружения:			
Первоначальная стоимость		1 404 763	1 404 763
Амортизация		62 137	54 183
Износ		94 358	148 542
Остаточная стоимость		1 310 405	1 256 221
2.3 Оборудование:			
Первоначальная стоимость		1 473 482	1 473 482
Амортизация		145 392	145 392
Износ		333 809	471 489
Остаточная стоимость		814 157	676 477
в том числе:			
<i>Конвейерный транспорт</i>			
Первоначальная стоимость		591 561	591 561
Амортизация	10%	59 156	59 156
Износ		118 312	177 468
Остаточная стоимость		473 249	414 092
<i>Дорога канатная напочвенная ДКНТ2-250</i>			
Первоначальная стоимость		244 312	244 312
Амортизация	20%	48 862	48 862
Износ		146 587	195 449
Остаточная стоимость		97 725	48 862
<i>Водоотлив</i>			
Первоначальная стоимость		87 593	87 593
Амортизация	14%	12 513	12 513
Износ		19 694	32 207
Остаточная стоимость		67 898	55 385
<i>Дегазация</i>			
Первоначальная стоимость		171 481	171 481
Амортизация	10%	17 148	17 148
Износ		34 296	51 444
Остаточная стоимость		137 185	120 037
<i>Прочее оборудование</i>			
Первоначальная стоимость		378 537	378 537
Амортизация	10%	37 854	37 854
Износ		55 676	93 529
Остаточная стоимость		322 861	285 007
Итого вводимые основные фонды			
Первоначальная стоимость		6 382 588	6 382 588
Амортизация	7.4%	472 693	453 807
Износ		693 331	1 139 426
Остаточная стоимость		5 363 740	4 917 646
3. Всего основные фонды:			
Первоначальная стоимость		10 606 864	10 606 864
Амортизация	10,9%	1 155 576	1 134 192
Износ		3 893 515	4 563 516
Остаточная стоимость		6 729 578	6 113 503

Таблица 4.11 – Налоги и платежи, включаемые в себестоимость

Показатели	Ед.изм.	Период рассмотрения	
		2015	2016
Налог на добычу полезных ископаемых	тыс. руб.	137412,6	119823,8
Арендная плата за землю	тыс. руб.	54541,0	54541,0
Экологические платежи	тыс. руб.	4653,2	4653,2
Экологический контроль	тыс. руб.	926,8	926,8
Итого:	тыс.руб.	197533,5	179944,7

Коммерческие расходы, связанные со сбытом продукции, рассчитаны по удельным фактическим затратам, сложившимся на шахте и составляют 83,1руб. на 1 тонну. Затраты представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 - Внепроизводственные затраты

Показатели	Ед.изм.	Период рассмотрения	
		2015	2016
Объем перевозки угля	тыс.тонн	5000	4360
Затраты на 1 т	руб.	83,1	83,1
Итого услуги по перевозке угля:	тыс.руб.	415 392	362 221

В сводном виде проектные затраты на отработку пласта 50 на год освоения мощности и за расчетный период приводятся в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Структура затрат на производство и сбыт продукции

Показатели	На первый год расчетного периода			За рассматриваемый период		
	Сумма, тыс. руб.	руб./1т. добычи	Уд. вес, %	Сумма, тыс.руб.	руб./1т. добычи	Уд. вес, %
Добыча, тыс.т	5 000			9 360		
Товарная продукция, тыс.т.	5 000			9 360		
1. Материальные затраты	778056	155,6	20,8	1326745	141,7	19
из них:						
- вспомогательные материалы	321450	64,3	8,6	515071	55,0	7,4
- услуги производственного характера	343792	68,8	9,2	605707	64,7	8,7
- топливо	4038	0,8	0,1	8030	0,9	0,1
- электроэнергия	108776	21,8	2,9	197938	21,1	2,8
2. Оплата труда	598680	119,7	16,1	1072680	114,6	15,4
3. Отчисления на социальные нужды	233049	46,6	6,2	419498	44,8	6
4. Амортизация	1155576	231,1	31,0	2289768	244,6	32,9
5. Налоги	197534	39,5	5,3	377478	40,3	5,4

6. Прочие затраты	351678	70,3	9,4	685527	73,2	9,9
Итого затрат на добычу угля	3314573	662,9	88,9	6171696	659,4	88,8
транспортные	415392	83,1	11,1	777613	83,1	11,2
Всего затрат на производство и реализацию	3729965	746,0	100	6949309	742,4	100,0
Себестоимость 1 т товарной продукции		746,0			742,4	

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА

Экономическая оценка эффективности инвестиционного проекта показывает целесообразность вложения инвестиций в данный проект и определяется системой показателей, характеризующих [83]:

- прибыль и рентабельность производства;
- эффективность инвестируемого капитала.

Прогноз прибыли от реализации инвестиционного проекта проводится последовательным вычитанием из доходов предприятия (выручки) всех его издержек, в число которых включаются затраты на приобретение материалов, оплату услуг сторонних организаций, издержки на энергию и топливо, заработную плату персонала, амортизация, налоги и коммерческие расходы, связанные с продажей продукции.

Производственная программа предприятия представлена добычей энергетических углей марки ДГ. Товарная продукция - ДГОМСШ.

Цена угля принимается на базе данных официальных изданий, публикующих средний уровень цен реализации угольной продукции на рынке Российской Федерации и на мировом рынке (ИА "Металл-Эксперт"). Базовая цена реализации угля принята на условиях FCA по средним ценам, сложившимся на экспортные поставки за последние три года - 73 \$/т (2263 руб./т при расчетном курсе 31,0 руб./ \$) с теплотой сгорания - 6000 ккал/кг. В расчете выполнена корректировка базовых цен на изменение качества товарной продукции: скидки/надбавки к цене в размере 1,0% на каждый процент изменения показателей теплоты сгорания.

Программа производства и реализации продукции представлена таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Программа производства и выручка от реализации

Показатели	Ед.изм.	Период рассмотрения		Итого
		2015	2016	
Годовой объем добычи угля марки ДГ	тыс.т	5 000	4 360	9 360,0
Товарная продукция (ДГОМСШ)	тыс.т	5 000	4 360	9 360,0
Зольность товарной продукции	%	8,0	7,5	7,8
Влажность товарной продукции	%	9,0	9,0	9,0
Теплота сгорания, Q _г	ккал/кг	6 350	6 388	6 367,7
Цена реализации 1 тонны	руб.	2 395	2 409	2 402
Выручка от реализации ТП	тыс. руб.	11 975 050	10 504 722	22 479 772

Расчет финансовых результатов произведен в соответствии с действующим Налоговым Кодексом РФ. В расчете учтены следующие налоги:

- налог на имущество - 2,2 % от остаточной стоимости основных фондов;
- налог на прибыль - 20 %.

Расчет чистой прибыли, рентабельности производства, продаж по годам рассматриваемого периода представлен в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Расчет чистой прибыли, рентабельности производства и продаж, тыс.руб.

Показатели	Период рассмотрения		Итого
	2015	2016	
1.Выручка от реализации продукции, работ и услуг	11 975 050	10 504 722	22 479 772
2.Затраты на производство и сбыт продукции	3 729 965	3 219 345	6 949 309
3.Балансовая прибыль	8 245 085	7 285 378	15 530 463
4.Налоги, уплачиваемые из прибыли, всего	148 051	134 497	282 548
в том числе:			
-налог на имущество	148 051	134 497	282 548
5.Налогооблагаемая прибыль	8 097 035	7 150 881	15 247 915
6.Налог на прибыль	1 619 407	1 430 176	3 049 583
7.Чистая прибыль	6 477 628,0	5 720 704	12 198 332
8.Чистая прибыль накопленным итогом	6 477 628,0	12 198 332,0	
9.Общая рентабельность, %	221,00	226,30	223,50
10.Операционная рентабельность продаж, %	54,10	54,50	54,30

Данные, приведенные в таблице показывают, что за оптимизационный период:

- суммарная чистая прибыль составит 12,2 млрд, руб.;
- уровень операционной рентабельности продаж составит 223%;
- чистая рентабельность продаж - 54,3%.

Полученные показатели характеризуют работу шахты как финансово устойчивую.

Оценка эффективности инвестиций произведена по данным плана денежных поступлений и выплат (Cash flow) и показывает целесообразность вложения инвестиций в данный проект через систему показателей, основным из которых является величина чистого дисконтированного дохода (NPV).

Значения основных показателей, характеризующих эффективность проектных решений (без учета фактической деятельности шахты), приводятся в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Основные показатели

Наименование показателей	Показатели
Чистый доход, млн.руб.	6 038,2
Чистый дисконтированный доход, $E_n=15\%$, млрд.руб.	1 910,5
Рентабельность инвестиций	1,6
Дисконтированная рентабельность инвестиций	1,2
Срок окупаемости инвестиций, лет	4,0
Дисконтированный срок окупаемости инвестиций, лет	4,5
Внутренняя норма доходности, %	28,1

Динамика движения денежных потоков изображена на рисунке 4.4.

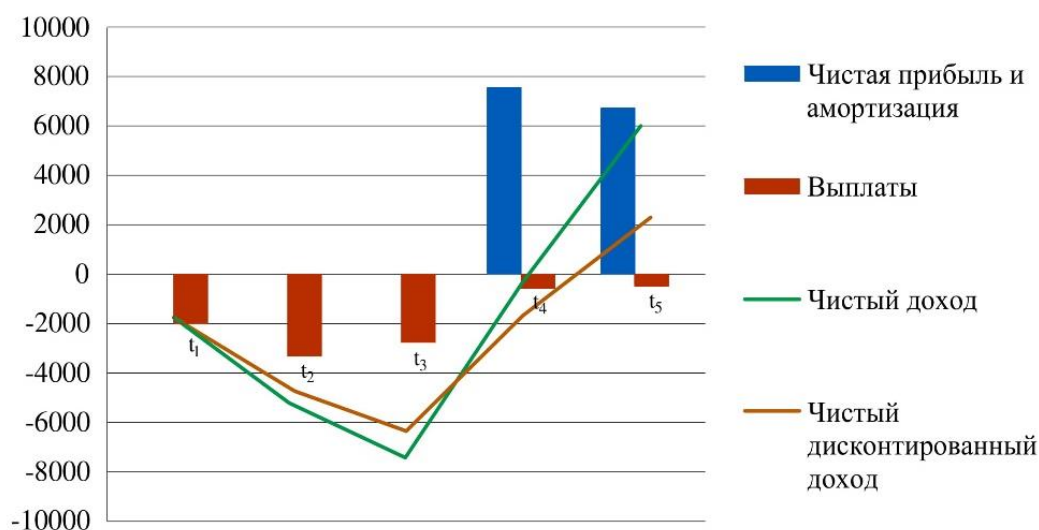


Рисунок 4.4 – Финансовый профиль угледобывающего предприятия

Бюджетная эффективность рассчитана с целью выявления результатов осуществления проекта на доходы бюджета. Ставка дисконтирования для расчета бюджетной эффективности принята на уровне -15%.

Расчет бюджетной эффективности представлен в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Бюджетная эффективность проекта, тыс.руб.

Показатели	Период строительства			Период отработки запасов		Итого
	2012	2013	2014	2015	2016	
Отток бюджетных средств, всего	0	0	0	0	0	0
Приток средств, всего	0	0	9005	2274941	1991761	4266702
Налоги и платежи в бюджет			9005	1964064	1743691	3707756
Налог на доходы с физических лиц				77828	61620	139448
Отчисления на социальные нужды				233049	186450	419498
Сальдо потока	0	0	9005	2274941	1991761	4275707
То же нарастающим итогом	0	0	9005	2283946	4275707	
Коэффициент дисконтирования (E_H -15%)	1,00	0,87	0,76	0,66	0,57	
Чистый дисконтированный доход государства	0	0	6809	1495811	1138796	2641416
То же нарастающим итогом	0	0	6809	1502620	2641416	

Основные технико-экономические показатели по выполненному проекту представлены в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Основные технико-экономические и финансовые показатели

№№ п/п	Показатели	Единицы измерения	Значения
Показатели			
1.	Годовая мощность предприятия по рядовому углю	тыс.тонн	5000,0
2.	Марка угля		К
3.	Объем товарной продукции	тыс.тонн	5000,0
4.	Количество очистных забоев	ед.	1,0
5.	Среднегодовое количество подготовительных забоев - всего	ед.	4,0
6.	Численность промышленно-производственного персонала в том числе рабочие	чел. чел.	1028,0 849,0
7.	Среднемесячная производительность труда - рабочего по добыче	т/мес.	490,8
	- трудящегося по добыче	т/мес.	405,3
8.	Сметная стоимость строительства (без НДС), всего	млн.руб.	6382,6
	в том числе объекты производственного назначения	млн.руб.	6382,6
9.	Продолжительность строительства	лет	3,0
10.	Стоимость основных производственных фондов	млн.руб.	10606,9
11.	Себестоимость добычи 1 тонны угля	руб.	662,9
12.	Себестоимость 1 тонны товарной продукции	руб.	746,0
13.	Цена реализации 1 тонны	руб.	2395,0
14.	Выручка от реализации товарной продукции	млн.руб.	11975,1
15.	Балансовая прибыль	млн.руб.	8245,1
16.	Чистая прибыль	млн.руб.	6477,6
17.	Рентабельность производства	%	221,0
Показатели за рассматриваемый период			
18.	Объем инвестиций для реализации проекта (без НДС) в т.ч. капитальные вложения (без НДС)	млн.руб. млн.руб.	8858,3 6383,4
19.	Чистый доход	млн.руб.	6038,2
20.	Дисконтированный чистый доход за расчетный период	млн.руб.	1910,5
21.	Срок окупаемости	лет	4,0
22.	Дисконтированный срок окупаемости	лет	4,5
23.	Внутренняя норма доходности	%	28,1
24.	Рентабельность инвестиций (индекс доходности)	-	1,6
25.	Дисконтированная рентабельность инвестиций	-	1,2

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенной интегральной оценки эффективности функционирования шахтного фонда ОАО «СУЭК-Кузбасс» шахта имени В.Д. Ялевского должна быть отнесена к категории реконструируемых, так как относительные отклонения схемы вскрытия и подготовки, коэффициента подготовленных запасов, транспорта и вентиляции превышают допустимые пределы.

2. Проектные решения по реконструкции технологической системы шахты имени В.Д. Ялевского должны предусматривать выполнение работ по вскрытию, подготовке и отработке запасов пласта 50.

3. Практическая апробация и верификация результатов исследований показывают, что вскрытие, подготовка и отработка пласта 50 при выбранных и обоснованных проектных решениях, условиях и ценах на уголь, являются экономически целесообразными и выгодными:

- за двухлетний период работы предприятие получит 12,2 млрд руб. чистой прибыли;

- чистый дисконтированный доход недропользователя от отработки пласта 50 с учетом инвестиционных затрат (NPV) составляет - 1,9 млрд руб;

- инвестиционные затраты для подготовки и отработки пласта 50 окупаются за 4 года, с учетом дисконтирования за 4,5 лет;

- рентабельность инвестиций - $P_i = 1,6$, дисконтированная рентабельность инвестиций - 1,2;

- IRR- (внутренняя норма доходности) - 28,1%.

4. Предлагаемые методические разработки и практические рекомендации могут быть использованы при выборе стратегии и форм развития шахтного фонда в виде реконструкции и технического перевооружения угледобывающих предприятий ОАО «СУЭК-Кузбасс» в г. Ленинск-Кузнецкий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены методические положения концептуального подхода к формированию информационно-аналитической научной базы обоснования необходимости реконструкции и очередности выделения инвестиций на обновление технологических систем угольных шахт, внедрение которой позволит повысить технологический уровень, конкурентоспособность и эффективность работы шахтного фонда, а также вносит вклад в развитие теории проектирования горнотехнических систем.

Основные научные и практические результаты работы, полученные лично автором, заключаются в следующем:

1. В результате анализа современного состояния, целевых ориентиров, стратегических приоритетов и программ развития угольной отрасли Российской Федерации установлено, что повышение конкурентоспособности и технико-экономической эффективности работы шахтного фонда угольных компаний России может быть обеспечено только при условии внедрения механизма регулирования уровня конкурентоспособности шахт, который напрямую связан с выбором определенной стратегии и формы развития (поддержание мощности на достигнутом уровне, техническое перевооружение и модернизация, реконструкция, закрытие, диверсификация).

2. Статистическими исследованиями установлено, что длительность эффективной эксплуатации конкретных вариантов технологических схем («долгожитие») составляет в среднем 15-20 лет. Эта величина вместе с глубиной прогнозирования и определяет длительность этапа эксплуатации, по истечении которого должно происходить их развитие и обновление в форме реконструкции с тем, чтобы поддерживать либо улучшать производственно-экономические результаты на соответствующем уровне конкурентоспособности.

3. Установлено, что основополагающим условием целесообразности проведения мероприятий по реконструкции технологических систем угольных шахт и улучшению технико-экономических показателей является наличие «узких» звеньев в технологии угледобычи, которые исключают дальнейшее развитие шахты в технологическом и экономическом планах. На определенном этапе своего существования необходимо устранить моральное старение технологических звеньев, без которого дальнейшая нормальная работа шахты невозможна

4. Доказано, что выбор проектных вариантов реконструкции технологических систем угольных шахт и их технологическое обоснование должны производиться на базе квалиметрической интегральной оценки георесурсного потенциала и производственных возможностей предприятия по критериям продуктивности схем вскрытия и подготовки, достаточности фронта очистных работ, пропускной способности транспортной и вентиляционной систем, подъема и технологического комплекса на поверхности шахты, а экономическое обоснование должно включать этап определения предельных точек в развитии шахты (метод предельной критической точки).

5. Разработан алгоритм обоснования направлений повышения технологического уровня действующих угольных шахт, согласно которому положив в основу стратегических решений о реконструкции и техническом перевооружении приоритет благоприятных условий работы (горно-геологических, производственно-технических, степень ухудшения технического уровня схем вскрытия и подготовки, очистных и подготовительных работ, схем транспорта-подъема, вентиляции, технологического комплекса поверхности) можно проранжировать все шахты, участвующие в оценке по актуальности и очередности обновления технологических схем и отдельных технологических подсистем и элементов технологии. Все мероприятия, реализованные в рамках определенной стратегии, в зависимости от реализуемой модели, либо обеспечат неизменность

существующих значений показателей состояния технологических систем угольных шахт, либо приведут к их улучшению.

6. Основные научные и практические результаты диссертации были использованы и внедрены при проработке проектных технико-технологических решений по реконструкции технологической системы шахты им. В.Д. Ялевского.

7. Разработанные методические положения и результаты исследований рекомендуется использовать при разработке стратегии развития шахтного фонда на долгосрочную перспективу и краткосрочном планировании развития горных работ на угольных шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» в г. Ленинск-Кузнецкий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. И.Таразанов. Итоги работы угольной отрасли России в 2016г. //Уголь. №4. 2017г. С.40-51.
2. Ворopaева Е.В., Агафонов В.В., Беляев В.В. Многофункциональные шахтосистемы отработки запасов угольных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. – №9. – 2015 – С. 327.
3. Ворopaева Е.В., Агафонов В.В., Колесникова И.В. Пути повышения технико-экономической эффективности технологических систем угледобычи // Потенциал современной науки. – №4 (30). – 2017 – С.14-16.
4. Энергетическая стратегия России на период до 2035г [Электронный ресурс]. URL: [http:// energob42.ru/](http://energob42.ru/) (дата обращения 25.08. 2017).
5. Долгосрочная программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года (утв. Распоряжение Правительства РФ от 24 января 2012г. №14-р) [Электронный ресурс]. URL: <http://minenergo.gov.ru/activity/coalindustry/> (дата обращения 19.12.2016).
6. Огоджинскому месторождению угля нашли инвестора. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ampravda.ru/> (дата обращения 26.08.2017).
7. Каракан-инвест. Презентация группы компаний [Электронный ресурс]. URL:<http://www.karakan-inwest.ru/> (дата обращения 26.08.2017).
8. Инвесторов позвали на Менчерепское месторождение [Электронный ресурс]. URL:<http://kommersant.ru/> (дата обращения 26.08.2017).
9. Проект развития Соколовско-Ерунаковского месторождения [Электронный ресурс]. URL:<http://r42.ru/> (дата обращения 26.08.2017).
10. Эльгинский угольный комплекс [Электронный ресурс]. URL: <http://mehel.ru/> (дата обращения 26.08.2017).
11. Угледобывающая промышленность Якутии [Электронный ресурс]. URL: <http://dnevnik.ykt.ru/> (дата обращения 26.08.2017).

12. Строительство угледобывающего комплекса на Межегейском месторождении Улуг-Хемского угольного бассейна [Электронный ресурс]. URL: [http:// mert.tuva.ru/](http://mert.tuva.ru/) (дата обращения 26.08.2017).

13. Стратегия разработки Апсатского месторождения [Электронный ресурс]. URL: [http:// nedradv.ru/](http://nedradv.ru/) (дата обращения 26.08.2017).

14. Байсаров Р.С. Концептуальные подходы к стратегии освоения Элегестского месторождения Улуг-Хемского угольного бассейна Республики Тыва. // Уголь. 2015. №12. С.44-46.

15. Федеральный закон от 29.12.2014 г. № 473-ФЗ (в ред. от 13.07.2015 г.) «О территориях опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://minvostokrazvitia.ru/regulatory/> (дата обращения 12.09 2016).

16. Бурчаков А.С., Кафорин Л.А., Харченко В.А. Совершенствование методов выбора технологических схем и их оптимальных параметров при проектировании высокопроизводительных угольных шахт. – М.: ЦНИЭИуголь, 1971. – 29с.

17. Воробьев Б.М., Бурчаков А.С., Малкин А.С. и др. Проектирование и комплексная оптимизация параметров шахт. – М.: Недра, 1972. – 368с.

18. Устинов М.И. Выбор технологических решений при подготовке новых горизонтов и реконструкции шахт. М: Недра, 1977. – 192 с.

19. Харченко В.А., Бурчаков А.С., Кафорин Л.А. Выбор технологических схем угольных шахт. – М.: Недра, 1972. – 272с.

20. Стариков А.П. Пути привлечения инвестиций в угольную промышленность Украины. //Уголь Украины. № 8. 2006. С.116.

21. Салли В.И., Малов В.И., Бычков В.И. Поддержание мощности угольных шахт при ограниченных объёмах нового строительства. М.: Недра, 1994г.-272 с.

22. Кафорин Л.А. Системология создания высокоэффективных горных предприятий. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. М.: МГТУ, ЦНИИЭУголь, 1997г.- 55 с.
23. Капустин Н.Г. Основы проектирования шахт /Квон С.С. – М.: Недра, 1968г. -230 с.
24. Бурчаков А.С., Зыков В.М. Оптимизация систем разработки на угольных шахтах. М.: Недра, 1977г. -198 с.
25. Еремеев В.М. Проектирование горных предприятий и подземных сооружений. М.: МГИ, 1990г. - 119 с.
26. Воробьев Б.М. Основы технологии горного производства. М.: Недра, 1973г. – 288с.
27. Батманов Ю.К. Техническое перевооружение угольных шахт. М.: Недра, 1984г. - 199 с.
28. Вылегжанин В.Н., Мазикин В.П., Ивлев И.А. Стратегический путь модернизации шахт - обеспечение высокой эффективности и концентрации производства // Российский уголь. 2010г. С.28-32.
29. Луганцев М.Б. Экономическое обоснование целесообразности и направлений реконструкции угольных шахт. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук. М.: МГГУ, 1995г. - 17с.
30. Кузнецов Ю.Н., Козовой Г.И., Рыжов А.М. Гибкие технологические системы высокопроизводительных угольных шахт. М.: ОО "Международная академия связи", 2003г. – 98с.
31. Мельник В.В., Шулятьева Л.И. Обоснование параметров геотехнологических систем шахт нового технического уровня // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. № 8. С.229-233.
32. Агафонов В.В. Разработка научно-методического обеспечения формирования стратегии устойчивого развития горнотехнических систем угольных шахт. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. М.: МГГУ, 2009. – 42с.

33. Логинов А.К. Комплексное обоснование прогрессивных технологических решений по интенсивной отработке высокогазоносных угольных месторождений. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. М.: МГИ, 2009г. - 32с.

34. Оганесян А.С. Разработка научно-методической базы проектирования и обоснования стратегий развития угольных шахт с учетом неопределенности и рисков в функциональных средах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. М.: МГГУ, 2012г. - 32с.

35. Чмыхов Е.Е. Методологические принципы обоснования прогрессивных направлений реконструкции угледобывающего предприятия. Депонированная рукопись. М.: МГГУ, ГИАБ, №5, 2006г. с.46-49.

36. Северинов А.В. Исследование резервов повышения производительности труда на шахтах при их реконструкции (на примере производственных объединений по добыче угля Донбасса). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Харьков: 1984г. - 22с.

37. Устинов М.И. Методические основы оптимального проектирования новых горизонтов и реконструкции шахт Кузбасса. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. М.: ИГД им. А.А.Скочинского, 1973г. -289с.

38. Петренко Е.В., Дубровский Е.М., Смертин О.С. Основные направления научно-технического прогресса при строительстве шахт. Передовые технологии строительства шахт. М.: Недра, 2001, - 392с.

39. Федюкин В.А. Реконструкция горных предприятий, часть 1. М.: Недра, 1988г. - 303 с.

40. Безрукова Л.Г. Определение оптимального варианта реконструкции шахты. //Известия вузов.1965г. №6. С.52 - 57.

41. Фёдоров В.П. Перспектива совершенствования схемно-планировочных решений при реконструкции шахтного фонда. Научные

сообщения ИГД им. А.А. Скочинского, выпуск №303. М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1995г. - С. 115-118.

42. Алиев С.Б. Техничко-экономические основы реструктуризации шахтного фонда и создания высокопроизводительных лав. М.: Росинформуголь, 2000г. - 160 с.

43. Козовой Г.И. Реструктуризация угольной шахты. СПб.: Изд-во СПГГИ, 1997г. - 80 с.

44. Ильин В.И. Конструирование рациональных схем вскрытия и подготовки новых горизонтов при реконструкции шахт. Учебное пособие. М.: МГГУ, 2008г. -124с.

45. Иванов Н.И., Штендинг А.Э. Реконструкция угольных шахт. М.: Госгортехиздат, 1961г. -224 с.

46. Тулупов В.А. Экономическое обоснование технических решений при реконструкции угольных шахт. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. М.: Недра, 1973г.- 19 с.

47. Островский С.Б. и др. Развитие и реконструкция Донецкого угольного бассейна. М.: Недра, 1967. – 134с.

48. Моссаковский Я.В., Романов М.В. Эффективность капиталовложений при реконструкции угледобывающих предприятий. /Сб. «Экономика угольной промышленности», М.: ЦНИЭИуголь, 1973г. №4. С.23-26.

49. Указания по поэтапному проектированию шахт. ИФЗ АН СССР, М.: 1973г. – 178с.

50. Временные нормы технологического проектирования угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик. М.: дата актуализации 01.01.2018г., - 139с.

51. Звягин П.З., Райхель Б.Л. Экономическая сущность реконструкции шахт. //Уголь Украины. 1967г. №2. С.46-48.

52. Воропаева Е.В. Модельные представления мониторинга технологических систем угольных шахт с динамическими ограничениями. / «Опыт прошлого – взгляд в будущее» - 4-я Международная научно-

практическая конференция молодых ученых и студентов. Материалы конференции: ТулГУ, Тула. – 2014 – С. 79-84.

53. Воропаева Е.В., Агафонов В.В., Беляев В.В. Обоснование производственной мощности шахты с использованием коэффициента корректировки // Горный информационно-аналитический бюллетень. – №7. – 2015 – С.76.

54. Райхель Б.Л. Сравнение технико-экономических показателей проектов реконструируемых и новых шахт. М.: 1968г. – 68с.

55. Астахов А.С., Москвин В.Б. Повышение экономической эффективности капитальных вложений в угольную промышленность. М.: Недра, 1969г. – 156с.

56. Воропаева Е.В., Агафонов В.В. Выбор проектных вариантов реконструкции технологических систем угольных шахт и их экономическая оценка // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. №3 (35). 2017г. С. 30-33.

57. Титовский В.И. Исследование и обоснование основ поэтапного проектирования угольных шахт. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. М.: МГИ, 1973, -18с.

58. Саламатин А.Г. Проблемы использования освоенных запасов в условиях структурной перестройки шахтного фонда. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. М.: МГИ, 1996г. – 38с.

59. Воропаева Е.В., Агафонов В.В. Обоснование периодичности реконструкции угольных шахт // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. №3 (35). 2017г. – С.23-25.

60. Воропаева Е.В., Агафонов В.В. Основные аспекты реконструкции технологических систем угольных шахт // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. №3 (35). 2017г. – С.26-29.

61. Агафонов В.В. Разработка информационно-аналитического обеспечения выбора стратегических направлений развития и обновления шахтного фонда. //Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009г.№2. С.198.

62. Агафонов В.В., Малкин А.С. Разработка алгоритма моделирования развития и обновления шахтного фонда угольных компаний за счёт управления инвестиционными ресурсами по интегральным критериям инвестиционной привлекательности //Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014г. №12. С. 46-49.

63. Агафонов В.В., Оганесян Н.К., Михеева А.Б. Анализ методологических основ обеспечения стратегии обновления и развития шахтного фонда в период реструктуризации //Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014г. №3. С. 24-29.

64. Воропаева Е.В., Агафонов В.В. Технологическое обоснование реконструкции угольных шахт на базе квалиметрической интегральной оценки георесурсного потенциала и основных уровней производства // Горный информационно-аналитический бюллетень. – №2 (9). – 2018 – С. 3-7.

65. Агафонов В.В., Воропаева Е.В., Арефьев В.А. Гибкие технологические системы эффективной отработки запасов угольных месторождений //Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. №3. 2017г. С.22-24.

66. Агафонов В.В., Воропаева Е.В., Арефьев В.А. Использование минимаксных критериев для обоснования оптимальных параметров угольных шахт //Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. №3. 2017г. С.25-27.

67. Агафонов В.В., Воропаева Е.В., Арефьев В.А. Методический подход к синтезу технологических систем угольных шахт //Потенциал современной науки. №1. 2017г. С.34-36.

68. Агафонов В.В., Воропаева Е.В., Арефьев В.А. Высокорентабельные многофункциональные шахтосистемы как гомеостатические развивающиеся технолого-социально-экономические системы //Потенциал современной науки. №1. 2017г. С.37-39.

69. Агафонов В.В., Агафонов В.В., Воропаева Е.В. Системный анализ, оптимизация и принятие решений при функционировании угольных шахт //

Международный независимый институт Математики и Систем «МиС». №8. 2014г. С. 5-10.

70. Ремезов А.В. Харитонов В.Г., Новоселов С.В. Системная оценка функционирования угольных шахт нового поколения (System estimation of functioning of coal mines of new generation) //Уголь. №11. 2007. С.34-37.

71. Маржинальный анализ: расчет точки безубыточности и маржинального дохода [Электронный ресурс]. URL: <http://prostobiz.ua/> (дата обращения 25.06.2016).

72. Точка безубыточности [Электронный ресурс]. URL: <http://center-yf.ru>data...Tochka-bezubytochnosti.php/> (дата обращения 25.06.2016).

73. Графический метод определения точки безубыточности [Электронный ресурс]. URL: <http://akyl.kz>rubricator/page/rid/54/id/328/stage/1/> (дата обращения 25.06.2016).

74. Малкин А.С., Безруков Л.Г. Экономическая оценка решений при проектировании и развитии шахт. М.: Недра, 1979г.-231 с.

75. Рейтинговая оценка шахт на основе комплексного анализа. [Электронный ресурс]. URL: <http://rusnauka.com/> (дата обращения 25.06.2016).

76. Айвазян С.А., Бежаева З.И., Староверов О. В. Классификация многомерных наблюдений. — М.: Статистика, 1974. - 238 с.

77. Рао С.Р. Линейные статистические методы и их приложения. - М.: Наука, 1968. - 548 с.

78. Андрукович И.Ф. Заметки о факторном анализе / Многомерный статистический анализ и вероятностное моделирование реальных процессов: Ученые записки по статистике. Т. 54. Сб. научн. статей. - М.: Наука, 1990. - 296 с.

79. Факторный дискриминантный и кластерный анализ: Пер. с англ. /Дж. О. Ким, Ч.У. Мьюлер, У.Р. Клекка и др.; Под ред. И. С. Енюкова. - М.: Финансы и статистика, 1989. - 215 с.

80. Харман Г. Современный факторный анализ. - М.: Статистика, 1972. - 420 с.

81. Боровиков В.П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. СПб.: Питер, 2003.— 688 с.
82. Воропаева Е.В., Агафонов В.В. Выявление диспропорций в технологических системах угольных шахт на основе факторного анализа // Горный информационно-аналитический бюллетень. – №2 (9). – 2018 – С. 8-12.
83. Методические рекомендации по оценке инвестиционных проектов (вторая редакция). Официальное издание. М.: Экономика, 2000г. – 421 с.