*Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXVII, вып. 1, 1975 г.*

# СОЗДАНИЕ ШАХТ БУДУЩЕГО

Канд. техн. наук *Н. К. Гринько*

(Техн. управление Министерства угольной промышленности СССР)

В век научно-технической революции по каждой отрасли промышленности должны быть определены пути перехода в будущем на качественно новый технико-экономический уровень производства. Для этого уже сейчас необходимо ответить на вопрос, какими будут наши предприятия в 1985—1990 гг.

Передовые достижения в науке, технике и производстве, связанные с использованием атомной энергии, новой прогрессивной технологии на основе комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, широкого применения радиоэлектроники и средств вычислительной техники создают предпосылки для ускоренного развития производительных сил страны и дают основания для создания в текущем десятилетии прообразов предприятий будущего, обеспечивающих резкое повышение производительности труда и значительное увеличение эффективности производства.

Рассматривая вопросы проектирования и строительства шахт на длительный срок, необходимо учитывать ожидаемое изменение потребности в угле.

За последние десять лет в топливно-энергетическом балансе СССР произошли заметные сдвиги в сторону увеличения доли нефти и газа и уменьшения удельного веса угля с 54 до 37%. Вместе с тем, несмотря на преимущественное положение наиболее экономичных видов топлива — нефти и природного газа, непрерывно наращиваются объемы добычи угля, которые за те же десять лет возросли более чем на 100 млн. *т*. За прошедшее пятилетие по стране было добыто свыше 3 млрд. *т* угля.

Директивами XXIV съезда КПСС в 1975 г. намечается довести добычу угля в стране до 685—695 млн. *т*.

В настоящее время более трети всех добываемых в нашей стране углей потребляется электростанциями, четвертая часть идет для коксования. Кроме того, из угля путем химической переработки получают более двухсот различных продуктов, таких, например, как смолы, пластмассы, удобрения, красители, лекарственные вещества, газообразное и жидкое топливо.

Таким образом, большие потребности в угле в нашей стране еще более остро ставят вопрос о повышении технико-экономической эффективности угледобывающих предприятий, особенно шахт.

При опережающих темпах развития более эффективного открытого способа добычи угля (а этим способом в прошедшей пятилетке была получена четвертая часть общего объема добычи) ведущее место принадлежит шахтам. Наиболее ценные марки коксующихся углей и антрациты добываются практически только в шахтах. Поэтому совершенствование технологии подземного способа добычи угля и всемерное улучшение технико-экономических показателей работы шахт имеет важнейшее значение для повышения эффективности угольной промышленности.

Основным показателем, определяющим технико-экономический уровень производства, является производительность труда. В горнодобывающей промышленности, где условия труда сравнительно тяжелые, этот показатель имеет еще и большое социальное значение.

Поэтому Советом Министров СССР перед угольной и смежными с ней отраслями промышленности поставлена задача создания в текущем десятилетии двух шахт и обогатительных фабрик будущего в Донбассе и Кузбассе, обеспечивающих повышение производительности труда в 10 раз по сравнению с уровнем, достигнутым в соответствующих горногеологических условиях в 1970 г.

Постановка такой задачи вытекает из возможностей, которые открывают передовые достижения науки, техники и производства.

Генеральным направлением в подземной добыче угля является достижение максимальной концентрации горных работ за счет упрощения и применения более совершенных планировочных решений при вскрытии и подготовке шахтных полей, использовании высокопроизводительного и надежного оборудования во всех звеньях технологической цепи шахты, обеспечивающего высокие нагрузки на забой и поточный характер производства.

В минувшем пятилетии широкое распространение получила прогрессивная столбовая система разработки. Нагрузка на очистной забой выросла на 31%, средняя длина очистного забоя увеличилась на 16%, что способствовало сокращению объемов проведения подготовительных выработок.

Объем добычи угля из лав с узкозахватными комбайнами и стругами за это время увеличился в 3,4 раза, а доля добычи угля механизированными комплексами возросла с 8,3 до 30%.

Опыт применения механизированных комплексов показал, что они являются наиболее перспективным средством резкого увеличения нагрузки на забой. Средняя по угольной промышленности СССР нагрузка на забой с таким оборудованием составила в 1970 г. 710 *т* в сутки. В 222 лавах передовые бригады добывают более тысячи тонн угля в сутки, на ряде шахт — от 2 до 3 тыс. *т*, достигались и рекордные показатели — более 5 тыс. *т* в сутки.

Интенсификация выемки угля в очистных забоях предъявляет серьезные требования к увеличению темпов проведения подготовительных выработок. Наиболее прогрессивным направлением в этой области является проведение выработок проходческими комбайнами. По объему и уровню такой проходки угольная промышленность СССР опережает европейские страны. Однако существующие типы комбайнов предназначены лишь для проходки по углю и слабым породам.

Перевооружение угольных шахт на базе применения высокопроизводительных добычных и проходческих комплексов, а также рост концентрации горных работ требуют решительного улучшения работы подземного транспорта. Основным направлением в его развитии является переход на полную конвейеризацию транспортировки угля и горной массы в шахте и создание средств вспомогательного транспорта.

Совершенствование технологии поверхности шахт должно предусматривать создание высокомеханизированных и автоматизированных технологических комплексов по переработке, обогащению и отгрузке угля, централизованных электромеханических мастерских, районных механизированных складов крепежных материалов, запасных частей и котельных. Нужно значительно упростить схемы процессов транспортирования, погрузки и отправки угля потребителям, чтобы устранить переизмельчение топлива. Погрузка угля, как правило, должна производиться непосредственно в вагоны. Для обеспечения нормальной работы необходимо иметь и резервные емкости (бункеры и угольные склады с высокопроизводительными подачами).

Значительными еще являются затраты ручного труда в лавах даже при работе комплексами с механизированными крепями на таких операциях, как выемка ниш, зачистка очистного забоя, на креплении сопряжения лав со штреками, на монтажно-демонтажных работах при проведении и креплении горных выработок, на основном и вспомогательном подземном транспорте, на работах по поддержанию горных выработок, на поверхности шахты и т. д. В целом доля ручного труда составляет еще 52%.

Анализ практики работы угледобывающих предприятий показывает, что локальное, даже самое существенное улучшение одного из технологических процессов шахты не приводит к значительному повышению производительности труда рабочего по шахте и эффективности производства. Например, если условно принять трудоемкость на очистных работах по Украинскому Донбассу равной нулю, то производительность труда рабочего по добыче возрастет только в 1,5 раза.

Таким образом, становится очевидным, что для резкого повышения производительности труда и эффективности производства необходимо решать вопрос о технологии шахты в целом, т. е. рассматривать все элементы технологической цепи шахты в их гармоничной и оптимальной взаимосвязи. Каждый отдельный элемент системы или отдельный технологический процесс как по техническому уровню, так и по параметрам должен отвечать требованиям системы в целом. Вместе с этим для успешной реализации новых технических решений технологической цепи шахты необходимо повышение культуры производства, применение совершенных форм организации труда, новых форм управления и материального стимулирования.

Что же должна представлять собой шахта будущего при прогнозе на 10—15 лет и каковы главные принципы ее технологических решений?

Шахта будущего — это комплексно механизированное и автоматизированное предприятие большой мощности с высоким уровнем концентрации и интенсификации производства, имеющего непрерывный поточный характер. На таком предприятии труд человека в основном заключается в планировании и управлении производственными процессами, периодической наладке оборудования, монтаже установок для замены выбывающих, в необходимых ремонтных и доводочных работах.

В основу создания шахт будущего положены следующие основные принципы, определяющие процесс технологии разработки угольных месторождений: обеспечение высокой производительности труда на всех технологических процессах и в целом по шахте; концентрация и интенсификация горных работ, позволяющая достичь предельных нагрузок на очистной забой, выемочный участок, горизонт, блок, пласт и предприятие в целом; применение прогрессивных способов вскрытия, подготовки шахтного поля, системы разработки и их параметров, обеспечивающих максимально возможное упрощение схем ведения горных работ

и уменьшение объема проводимых и поддерживаемых выработок; комплексная механизация и автоматизация производственных процессов под землей и на поверхности; поточная технология с непрерывным транспортом угля от забоя до обогатительной фабрики; непрерывный процесс проведения горных выработок и создание условий для безремонтного их поддержания; применение совершенных способов и средств вспомогательного транспорта; обеспечение высокого качества и сортности угля; обеспечение высокой производительности и надежности машин и оборудования; научная организация труда, планирования и управления с применением ЭВМ; обеспечение комфортных и безопасных условий труда.

Создание угледобывающих предприятий будущего требует нового подхода к вопросам их проектирования. Анализ практики проектирования показывает, что существующая методика, основанная на применении в проектах существующей технологии и серийного оборудования, предопределяет создание предприятий, мало чем отличающихся по техническому уровню от ныне действующих. Способы вскрытия и подготовки шахтного поля, сечения выработок, привязанные к серийному сборудованию, весьма затрудняют, а иногда и делают невозможным эффективное использование в процессе эксплуатации новой высокопроизводительной технологии и оборудования. Использование в проектах серийного оборудования тормозит внедрение новой технологии, так как для нее своевременно не создаются соответствующие технические средства.

Именно новые и реконструируемые предприятия должны отвечать требованиям технического прогресса на перспективу и играть основную роль в росте технико-экономических показателей отрасли и повышении эффективности угледобычи.

Учитывая, что с момента проектирования шахт до их сдачи в эксплуатацию проходит около 10 лет, а срок службы шахт составляет 30 лет и более, необходимо при их создании предусматривать применение новой прогрессивной технологии будущего, а также учитывать возможности дальнейшего ее технического прогресса.

В настоящее время проектирование шахт ведется в основном только проектными институтами, а они не имеют необходимых возможностей для разработки качественно новых технических решений по всей технологической цепи проектируемых шахт.

В период бурного развития науки и техники такой порядок проектирования устарел и требует применения новых форм. Проектирование и создание новых шахт, а также коренная реконструкция действующих предприятий в наше время должны проводиться при непосредственном участии научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов. Эти организации должны совместно разрабатывать проекты шахт, пользуясь равными правами и неся равную ответственность.

Для создания шахт нового технико-экономического уровня или шахт будущего в настоящее время разработан комплексный метод технологического моделирования, проектирования и строительсгва шахт, базирующийся на системном подходе к решению задачи и позволяющий на основе прогноза развития технологии и техники добычи угля принять оптимальные взаимоувязанные технические решения и параметры по всей технологической цепи шахты.

Этот метод предусматривает следующие основные этапы проектирования шахт.

1. Задается глубина прогноза.

2. Производится выбор геологического участка с типичными условиями для данного бассейна или месторождения.

3. На основе анализа передовых достижений науки, техники и производства определяются направления развития технического прогресса на заданную глубину прогноза, на основании которых намечаются возможные варианты отдельных технологических решений.

4. Составляется исходная модель шахты, которая представляет собой первоначальные научно-технические разработки, определяющие направления по всем главным звеньям горного хозяйства и технологической цепи шахты и отвечающие требованиям, предъявляемым к шахтам прогнозируемого периода. В исходной модели увязываются основные элементы технологии шахты и даются основные технические решения. Ориентировочные расчеты основных параметров и технико-экономических показателей шахты должны показать их соответствие поставленным задачам, что дает основание для последующей их реализации в технологической модели шахты.

5. Разрабатывается технологическая модель шахты, под которой понимается комплекс обоснованных и взаимоувязанных научно-технических, проектных и организационных решений по всей технологической цепи шахты, базирующихся на прогнозе развития науки и техники на заданный период.

В процессе создания технологической модели шахты производится научно-проектная проработка принятых в исходной модели технических и организационных решений, устанавливаются основные параметры шахты, разрабатываются технические условия на проектирование нового оборудования и определяются основные технико-экономические показатели.

6. На основе технологической модели разрабатывается технико-экономическое обоснование (ТЭО) шахты.

7. Параллельно с ТЭО разрабатываются технико-экономические требования (ТЭТ) на новое оборудование.

8. На базе утвержденных в соответствующих организациях ТЭО и ТЭТ производится разработка технического проекта шахты и проектов нового оборудования.

9. Осуществляется строительство шахты и параллельно с ним производится рабочее проектирование, изготовление опытных образцов нового оборудования и их промышленное испытание с целью оснащения этим оборудованием шахты ко времени сдачи ее в эксплуатацию.

Такой комплексный метод предусматривает совместную работу научно-исследовательских, проектных и проектно-конструкторских организаций по единому координационному плану.

Этот метод был впервые практически использован в проводимых в настоящее время больших комплексных работах по созданию шахты будущего «Должанская Капитальная» в Донбассе.

Геологический участок строящейся шахты «Должанская Капитальная» представлен тремя тонкими пластами антрацита, из которых два рабочих и один резервный. Средняя мощность верхнего рабочего пласта $l_6^3$, который содержит около 65% всех запасов участка, составляет 1,1 *м*. Шахтное поле характеризуется спокойным залеганием пород и представляет собой мульду. К первоочередной разработке в течение 20 лет намечена пологая часть шахтного поля с углами падения от 2 до 12°. Шахта опасна по углекислоте. Обводненность пород незначительна.

Техническими решениями по шахте будущего предусматривается высокий уровень концентрации и интенсификации работ. Производственная мощность шахты принята 4,2 млн. *т* в год, или 1400 *т* в сутки при 300 рабочих днях в году, двух добычных и одной ремонтно-профилактической семичасовых сменах в сутки. Мощность шахты обеспечи-

вается одновременной работой четырех очистных забоев с нагрузкой 3400 *т* в сутки.

Известно, что от уровня концентрации и интенсификации работ зависят основные технико-экономические показатели работы шахты.

Графики получены для одних и тех же горногеологических условий и идентичных технических решений по технологической цепи шахты. С увеличением мощности шахты и уменьшением количества очистных забоев или повышением нагрузки на лаву производительность труда рабочего по добыче увеличивается (рис. 1). Влияние мощности шахты на производительность труда в большей степени проявляется при уменьшении $K$ (рис. 1). Так, увеличение мощности шахты с 8 до 16 и с 16 до 24 тыс. *т* в сутки при $K=1$ или нагрузке на лаву 900 *т* в сутки приводит к повышению производительности труда, соответственно, на 19 и 6%, а при $K=0{,}25$ или нагрузке на лаву 3600 *т* в сутки — к ее росту, соответственно, на 31 и 10%. Однако при одном и том же значении $K$ с увеличением мощности шахты ее влияние на рост производительности труда уменьшается. В то же время уменьшение $K$ или увеличение нагрузки на очистной забой с 900 до 3600 *т* в сутки при значениях мощности шахты 8, 16 и 24 тыс. *т* в сутки приводит к росту производительности труда соответственно на 48, 64 и 70%.

Таким образом, увеличение нагрузки на очистной забой и связанное с ним уменьшение количества лав на 1000 *т* суточной добычи оказывает большее влияние на повышение производительности труда рабочего по шахте, чем увеличение ее мощности.

Увеличение нагрузки на очистной забой оказывает значительное влияние на выбор схем и параметров вскрытия и подготовки шахтных полей. Так, например, проработка исходных технологических моделей шахт для пологих угольных пластов мощностью от 0,7 до 2,2 *м* показала, что повышение нагрузки на очистной забой, соответственно, до 1500—6000 *т* в сутки позволяет перейти на более простые и экономичные одно- и двухгоризонтные способы подготовки шахтного поля и уменьшить протяженность выработок по вскрытию и подготовке на 1000 *т* промышленных запасов на 40—60% в сравнении с базовыми вариантами.

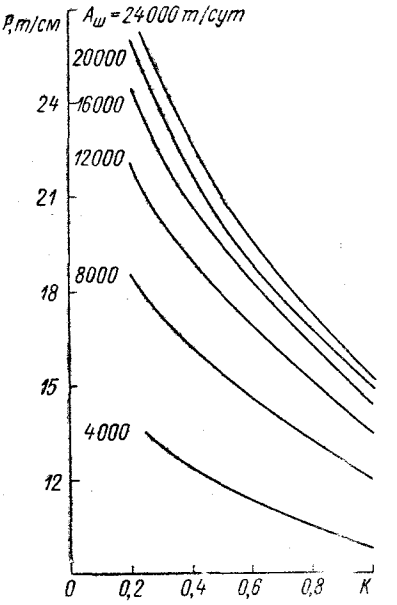



Рис. 1. Зависимость производительности труда рабочего по добыче $P$ от количества действующих очистных забоев на каждые 1000 *т* суточной добычи $K$

Для обеспечения высокой нагрузки на очистной забой в технологической модели решающее значение имеет выбор рациональной системы разработки и технологической схемы ведения очистных работ.

В результате проведенного анализа в условиях геологического участка шахты будущего «Должанская Капитальная» принята система разработки длинными столбами (длиной 2500—3000 *м*) с выемкой их лавами по падению (рис. 2).

Принятая система разработки позволяет: упростить способ вскрытия и подготовки шахтного поля; сократить объем и протяженность выработок по подготовке шахтного поля; интенсифицировать ведение очистных работ; обеспечить стабильность длины лавы; значительно

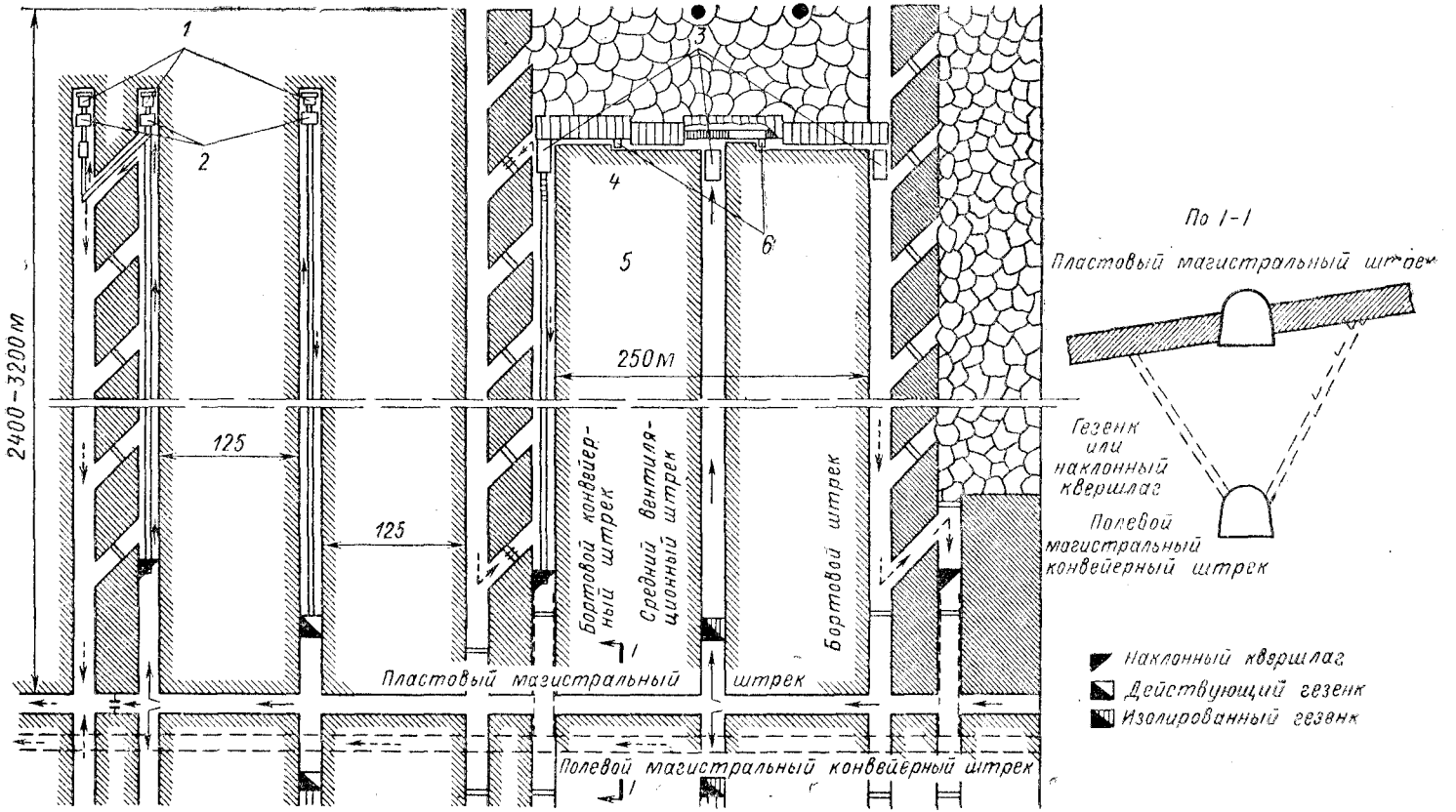



Рис. 2. Технология очистных работ на шахте будущего: *1* — комбайн; *2* — крепеукладчик; *3* — крепь сопряжений; *4* — механизированная крепь; *5* — конвейер; *6* — выемочные машины

увеличить нагрузку на очистной забой и скорость его подвигания; упростить технологию работ на выемочном участке за счет обособленного ведения очистных и подготовительных работ; упростить схему транспорта угля в шахте; произвести детальную разведку условий залегания пласта в выемочном поле и повысить надежность работы лав; исключить поддержание штреков в выработанном пространстве путем их погашения непосредственно вслед за подвиганием лавы и обеспечить условия для перехода к их безремонтному поддержанию; более эффективно применять методы дегазации на шахтах, опасных по метану.

Недостатком существующих технологических схем ведения очистных работ лавами, особенно при применении дорогостоящих механизированных комплексов на шахтах будущего, является ограничение нагрузки на очистной забой по условиям проветривания. При большой нагрузке на очистной забой требуемое количество воздуха для разжижения газа, в особенности на тонких пластах, не может быть пропущено с допустимой скоростью по ограниченному сечению лавы.

Анализ условий разработки пластов в Донбассе показывает, что около половины всех действующих лав разрабатывает сверхкатегорные пласты. Максимальная нагрузка на очистной забой по газовому фактору на этих пластах оказывается в 3—5 раз меньше возможной нагрузки лавы по применяемому оборудованию.

Для значительного повышения нагрузки на очистной забой по условиям вентиляции на газоносных пластах разработана технологическая схема ведения очистных работ с разделением одинарной лавы длиной 250 *м* на две обособленно проветриваемые части, оборудованные выемочными машинами (рис. 2). При такой схеме, в отличие от обычной, в лаву можно подать в два раза большее количество воздуха и тем самым вдвое увеличить нагрузку на забой по условиям проветривания и резко уменьшить депрессию лавы. Если сравнить при одинаковых нагрузках проветривание обычной лавы и лавы, разделенной на две обособленно проветриваемые части, то депрессия последней будет в восемь раз меньше.

Разработанная технологическая схема позволяет для разжижения газа, выделяемого из транспортируемого угля, освежать исходящую из лавы струю воздуха на конвейерном штреке или обособленно его проветривать, а также проводить работы по дегазации пластов-спутников путем бурения скважин с бортового вспомогательного штрека и производить отсос газа из выработанного пространства.

Удвоение нагрузки на лаву также в два раза увеличивает скорость подвигания очистного забоя и значительно улучшает условия поддержания штреков, особенно в зоне опорного давления. В условиях шахты будущего «Должанская Капитальная» при нагрузке на очистной забой 3400 *т* в сутки средняя скорость подвигания очистного забоя составит 8 *м* в сутки.

Технологическая схема предусматривает оборудование лавы автоматизированным механизированным комплексом, который управляется с пульта, располагающегося на штреке. Автоматизированный комплекс включает в себя: механизированную крепь; механизированные крепи сопряжений лавы с бортовыми штреками и средним вентиляционным штреком; две выемочные машины ( в каждой обособленно проветриваемой части лавы) и забойный конвейер, транспортирующий уголь на один бортовой конвейерный штрек.

Механизированный комплекс разрабатывается в двух вариантах. В первом варианте предусматривается применение двух мощных узкозахватных комбайнов челнокового действия, не требующих ниш и работающих с выходом рабочих органов на штреки. Общая мощность приводов каждого комбайна 250—300 *квт*, производительность по

крепкому антрациту до 5—6 *т/мин*. Второй вариант предполагает применение выемочного агрегата с двумя импульсными стругами.

Для транспорта угля по штреку предусматривается применение телескопических ленточных конвейеров в комплексе со скребковым перегружателем производительностью 600 *т/ч* и приемной способностью 14 *т/мин*.

Реализация указанных технических решений позволяет получить для шахты «Должанская Капитальная» следующие технико-экономические показатели:

| | Технологическая модель | Старый проект |
|---|---|---|
| Проектная мощность шахты, млн. *т*/год | 4,2 | 3,0 |
| Длина очистного забоя, *м* | 250 | 200 |
| Нагрузка на забой, *т*/сутки | 3400 | 1050 |
| Количество действующих очистных забоев | 4 | 11 |
| Протяженность горных выработок на 1000 *т* годовой мощности шахты, *м* | 9,0 | 13,7 |
| Количество очистных забоев на 1000 *т* среднесуточной добычи | 0,25 | 0,96 |
| Производительность труда рабочих по добыче, *т* | | |
| среднемесячная | 408 | 142,0 |
| на выход | 22 | 7,65 |
| Себестоимость 1 *т* добычи, руб | 4,74 | 6,27 |
| Удельные капитальные затраты, руб./*т* | 21,9 | 34,8 |

Как видно из приведенных данных, проектная производительность труда рабочего по добыче примерно в 10 раз превышает среднее значение по угольной промышленности, а себестоимость добычи приближается к средним показателям на открытых разработках.

Область применения этой технологической модели в Донецком бассейне — шахты негазовые, I и II категории по газу с пластами среднединамической мощности 1,1 *м* и углами падения до 12°.

Суммарные промышленные запасы разведанных геологических участков Донбасса, характеризующихся такими горнотехническими условиями и предназначенных для закладки новых шахт, по предварительным расчетам составляют около 1,6 млрд. *т*.

Технология и оборудование для основных производственных процессов шахты будущего предназначены для использования на сверхкатегорных шахтах.

Возможная область применения разработанных для шахты будущего «Должанская Капитальная» технологии и нового оборудования по объему добычи в 1980 г. составит в Донбассе примерно 85 млн. *т*, а по основным бассейнам страны — 130 млн. *т*.

В настоящее время разрабатываются варианты технологической модели шахты будущего для пластов с высокой газоносностью.

Создание в текущем десятилетии угольных шахт и обогатительных фабрик будущего и широкое использование принятых для них технологических решений при строительстве, реконструкции и модернизации других угольных предприятий имеют для угольной промышленности первостепенное значение, так как открывают новые возможности для ускорения научно-технического прогресса.