

**УДК 622.26**

**В. В. Першин, А. В. Дементьев, М. О. Соловьева**

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА УСТЬЕВ НАКЛОННЫХ СТВОЛОВ**

Низкие темпы проведения подготовительных горных выработок на угольных шахтах являются сдерживающим фактором ритмичной работы предприятий, поскольку ограничивают возможность своевременного ввода в эксплуатацию новых очистных забоев. Так, в Кузбассе из-за отставания в реконструкции и подготовке новых горизонтов более 40 % шахт практически не имеют запасов на действующих горизонтах и отрабатывают прирезанные поля соседних шахт или, зачастую, ведут работы в уклонных полях по временным схемам.

Выходы пластов угля под наносы в Кузбассе находятся на небольшой глубине. Поэтому для сокращения продолжительности строительства новой шахты или реконструкции действующей подготовка линий очистных забоев производится через наклонные выработки, пройденные с поверхности. В связи с этим особенно остро стоит проблема увеличения темпов проведения наклонных стволов, так как именно ими в настоящее время осуществляется вскрытие и подготовка новых горизонтов.

Также актуальность данного вопроса заключается в том, что наличие наклонных стволов обеспечивает полную конвейеризацию транспортирования угля, что позволяет снизить трудоемкость работ на подземном транспорте в 1,5-2 раза.

На основании этого в Кузбассе ряд шахт, построенных в 40-60-е годы прошлого века, переведятся или уже переведены на подъем угля на поверхность по наклонным стволам конвейерами. Так конвейеризованы шахты «Абашевская», «Шушталепская», «Октябрьская», «7-е ноября», «им. Кирова». Полностью конвейеризована (от забоя до погрузки угля в железнодорожные вагоны) крупнейшая шахта России «Распадская» с производственной мощностью 7,5 млн. тонн в год. На всех построенных или строящихся шахтах Ерунаковского района подъем угля на поверхность также предусмотрено производить конвейерами.

На данный момент средняя скорость строительства наклонных стволов буровзрывным способом по области составляет 35-40 м/мес. Максимальная скорость проходки комплексом «Сибирь-1» составила 103 м/мес, а комплексом «Сибирь-2» - 81 м/мес. Также на шахтах Кузбасса работает несколько комбайнов китайского производства со средней скоростью проходки 50-60 м/мес.

В самом Китае количество шахт, вскрываемых наклонными стволами, в среднем составляет 15 %, а в северо-западном и северо-восточном угольных

районах их число составляет более 50 %. В Великобритании для подъема угля на поверхность на шахте «Гэскайн Вуд» были построены два наклонных ствола круглого поперечного сечения диаметром 4,55 м с углом наклона 16° и длиной каждого 758 м. На шахте «Сельби» (тоже в Великобритании) производственной мощностью 10 млн. тонн в год - два ствола с углом наклона 14°, диаметром в свету 4,75 м и длиной каждого по 1400 м. В Германии на шахте «Проснер-Ханниель», образованной объединением четырех шахт с годовой производственной мощностью 10 млн. тонн подъем угля производится по конвейерному наклонному стволу круглого поперечного сечения диаметром 4,75 м, с углом наклона 12° и длиной 3653 м. [3, 6, 8, 9].

Конечной целью любого строительства являются минимальные сроки ввода строящегося объекта в эксплуатацию при минимальной его стоимости. Строительство наклонных стволов состоит из нескольких этапов: подготовительные работы (строительство автодороги, ЛЭП, линии связи, здания подъемной машины, котельной, эстакады, породного бункера и т.д.), сооружение устья ствола, строительство постоянных зданий и сооружений, проходка ствола, демонтаж временного оборудования, оснащение ствола по постоянной схеме. Традиционно основными показателями эффективного строительства комплекса наклонного ствола являются скорость его проведения, которая измеряется метрами проходки в месяц, и трудоемкость, определяемая  $\text{м}^3/\text{чел}\cdot\text{см}$ . В итоге последний показатель опять же зависит от скорости проведения выработки, которая в основном определяется эксплуатационно-техническими показателями выбранного проходческого оборудования. Однако производственный процесс в проходческом забое всегда протекает с участием человека. Доля ручного труда при строительстве наклонного ствола составляет порядка 40 %. Поэтому дальнейший рост производительности труда связан не столько с совершенствованием техники и технологии горнопроходческих работ (хотя и это немаловажно), сколько с эффективностью работы человека в забое.

Конечная цель интенсификации трудовых процессов строительства горных выработок – наилучшим образом соединить технику и людей в едином производственном процессе, обеспечить наиболее эффективное использование имеющихся материальных и трудовых ресурсов, рост производительности труда и безопасность его условий при меньших затратах физической и нервно-

психологической энергии проходчиков. И на фоне этого основным технико-экономическим показателем строительства наклонного ствола должна быть не техническая скорость проходки, а мини-

мальная продолжительность его строительства.

Для сокращения продолжительности строительства наклонных стволов в целом нужно уменьшить продолжительность каждого цикла и

Таблица 1 - Система показателей для количественного анализа процесса  
«Возведение монолитной железобетонной крепи устья наклонного ствола»

Показатели	Формула	Условные обозначения
1. Количество приемов	$n$	Определяется в процессе расшифровки кинограмм
2. Продолжительность рабочей операции	$t_{p.o.}$	Определяется длиной критического пути сетевого графика
3. Эффективность приемов отдельного исполнителя	$K_{\text{эфф}} = \frac{\sum_{j=li=1}^m n t_{ij\text{эфф}}}{\sum_{j=li=1}^m n t_{ij}}$	$t_{ij\text{эфф}}$ – продолжительность i-го эффективного приема, выполняемого j-м рабочим органом исполнителя; $t_{ij}$ – продолжительность i-го приема, выполняемого j-м рабочим органом исполнителя; m – количество рабочих органов, участвующих в выполнении рабочей операции
4. Загрузка отдельного органа исполнителя	$K_{3.\text{ис}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{t_{p.o.}}$	
5. Общая загрузка рабочих органов исполнителя	$K_{3.o.} = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n t_{ij}}{t_{p.o.} \cdot m}$	
6. Уровень кооперации труда исполнителей в пределах исследуемой операции	$K_k = \frac{\sum_{K=1}^N \sum_{j=li=1}^m n t_{kij\text{одн.}}}{N \cdot t_{p.o.} \cdot m}$	$t_{kij\text{одн.}}$ – продолжительность i-го приема, выполняемого j-м рабочим органом k-го исполнителя одновременно с другим исполнителем; N – число исполнителей процесса (операции)
7. Совмещение приема отдельного исполнителя	$K_c = \frac{\sum_{j=li=1}^m n t_{ijc}}{\sum_{j=li=1}^m n t_{ij}}$	$t_{ijc}$ – продолжительность i-го приема, выполняемого j-м рабочим органом совмещено
8. Уровень ритмичности	$K_p = \left(1 - \frac{\Delta t_{cp}}{t_{cp}}\right) \cdot \left(1 - \frac{\Delta t_{\Pi, cp}}{t_{\Pi, cp}}\right) \cdot \left(1 - \frac{\Delta \Pi_{dcp}}{\Pi_{dcp}}\right)$	$t_{cp}$ – средняя продолжительность приема до перерыва; $\Delta t_{cp}$ – среднее отклонение фактической продолжительности приемов в соответствующем интервале до перерыва от его среднего значения; $t_{\Pi, cp}$ – средняя продолжительность перерыва в загрузке рабочих органов; $\Delta t_{\Pi, cp}$ – среднее отклонение продолжительности отдельных перерывов от их среднего значения; $\Pi_{dcp}$ – средний состав приемов между перерывами; $\Delta \Pi_{dcp}$ – среднее отклонение в количестве приемов в отдельных интервалах между перерывами от среднего значения
11. Уровень механизации приемов труда	$K_m = \frac{\sum_{j=li=1}^m n t_{ijm}}{\sum_{j=li=1}^m n t_{ij}}$	$\sum_{j=li=1}^m n t_{ijm}$ – сумма приемов для всех рабочих органов, выполняемых с участием машины

по возможности совместить работы разных циклов.

С этой целью в начале авторами были разработаны и опробованы на практике методы совершенствования трудовых процессов проходческого цикла с использованием их видеосъемки. [2]. На основании видеоматериалов, полученных на ряде шахт Кузбасса, была дана количественная оценка организационно-технического уровня горнопроходческим работам, связанным со строительством протяженной части наклонного ствола буро-взрывным способом. По результатам анализа с помощью ряда показателей [1] были определены наиболее трудоемкие и резервообразующие процессы, подлежащие дальнейшему совершенствованию на уровне операций и приемов. Ими оказались: установка металлической арочной податливой крепи, наращивание скребкового конвейера и наращивание временного рельсового пути. Эти процессы объединяет то, что все они имеют большую долю ручного труда и носят непрерывно-дискретный характер.

Результатом исследования трудовых процессов на основе их структурно-технологических моделей стала разработка карт эффективного выполнения работ, усовершенствованных на уровне операций и приемов [7]. Использование этих карт на практике позволило повысить производительность труда проходчиков в среднем в 1,7 раза, а скорость проведения протяженной части наклонной выработки в 2 раза.

На следующем этапе исследований процессов строительства наклонного ствола на основе уже

Таблица 2 - Численные значения показателей эффективности операций, входящих в процесс «Возведение монолитной железобетонной крепи устья наклонного ствола»

№ п/п	Наименование операций	Количественные значения					
		$K_{\text{эф}}$	$K_c$	$K_3$	$K_k$	$K_m$	$K_p$
1	Перемещение элементов крепи и опалубки к месту установки	0,79	0,73	0,91	0,93	0,38	0,21
2	Сборка и сбалчивание элементов жесткой арматуры на земле с использованием механизмов	0,47	0,42	0,49	–	0,36	0,6
3	Придание элементам жесткой арматуры проектного положения	0,46	0,4	0,54	0,8	0,46	0,21
4	Монтаж гибкого арматурного каркаса	0,41	0,13	0,44	–	0,18	0,45
5	Монтаж и крепление внутренней оболочки опалубки	0,42	0,49	0,91	0,8	–	0,27
6	Монтаж и крепление внешней оболочки опалубки	0,7	0,54	0,56	0,9	0,82	0,49
7	Выполнение бетонных работ	0,71	0,75	0,9	0,86	0,73	0,46

разработанной авторами методике исследования процессов проходческого цикла [5], был выполнен анализ работ, связанных с сооружением устья наклонного ствола открытым способом, куда входят следующие процессы: устройство котлована, строительство железобетонной конструкции кре-

пи устья ствола, гидроизоляция устья ствола, обратная засыпка котлована.

Опалубка для возведения железобетонной крепи представляет собой самостоятельную конструкцию, включающую формообразующий каркас из СВП, который поддерживает внешнюю и внутреннюю оболочки. Сама крепь представляет собой сочетание жесткой арматуры из обычной податливой арочной крепи из СВП, и гибкой арматуры из периодического профиля. Конструкция такой крепи после полной сборки на каждой захватке заполняется бетонной смесью. В качестве внешней оболочки опалубки используется каркас из того же спецпрофиля, обшитый каким-либо материалом. Внутренняя оболочка состоит из досок, горизонтально закрепленных к жесткой арматуре посредством направляющих.

По мнению авторов процесс монтажа опалубки крепи устья наклонного ствола является достаточно трудоемким и подлежат дальнейшему совершенствованию. Кроме того, геометрическая форма опалубки затрудняет уплотнение бетонной смеси глубинным вибратором, что в итоге отрицательно сказывается на несущей способности железобетонной конструкции. С этой целью на основе системы показателей, приведенных в таблице 1 [1], был выполнен анализ структурно-технологической модели исследуемого процесса «Возведение постоянной железобетонной крепи».

Результаты количественного анализа приведены в таблице 2.

По результатам анализа наиболее высокие показатели эффективности имеют процессы «Пере-

мещение элементов крепи и опалубки к месту установки» и «Выполнение бетонных работ», так как именно в этих процессах больше всего задействовано какой-либо техники (подъемный кран, бетоноводы, бадьи для бетонной смеси). Остальные процессы имеют достаточно низкий уровень

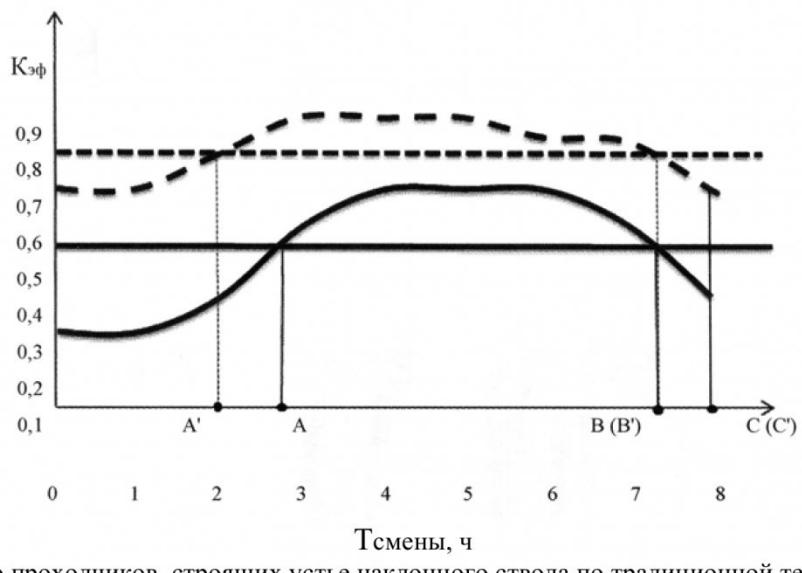
Таблица 3 - Численные значения коэффициента эффективности ( $K_{\text{эф}}$ ) на протяжении рабочей смены

Порядковый номер рабочего звена	Продолжительность рабочей смены, ч Значения коэффициента эффективности								$K_{\text{эф}}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,3	0,45
2	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,75	0,75	0,6	0,7

эффективности. Так, например, у процесса «Сборка и сбалчивание элементов жесткой арматуры на земле с использованием механизмов» показатель совмещения приемов отдельного исполнителя находится в пределах 0,42, а уровень механизации 0,36. Процесс «Монтаж гибкого арматурного каркаса» имеет показатель эффективности 0,41, а показатель совмещения приемов исполнителя 0,13. Однако уровень кооперации труда исполнителей у всех исследуемых процессов находится в пределах 0,82-0,93. Это свидетельствует о том, что дальнейшее разделение и кооперация трудовых элементов, входящих в исследуемые процессы, не целесообразно, а резервы роста производительности труда исполнителей связаны с совершенствованием технологии и структуры процессов на уровне операций и приемов.

Эффективность трудового процесса связана с изменением работоспособности его исполнителей. Различают три фазы изменения работоспособности [4]: фаза врабатывания, фаза устойчивой работоспособности и фаза снижения работоспособности. На следующем этапе исследований авторами была поставлена задача определить продолжительность фаз работоспособности исполнителей разных профессиональных уровней в течение ра-

бочей смены и факторы, влияющие на динамику изменения работоспособности в указанный период времени. Для этого по уже разработанной методике [2] с использованием видеосъемки были исследованы трудовые процессы строительства устья наклонного ствола, выполняемые проходчиками по вышеупомянутой технологии, и аналогичные процессы строительства железобетонных конструкций, выполняемые бригадами в других отраслях. А именно был исследован ряд процессов, выполняемых бригадами, прошедшими стажировку за рубежом (в Германии) и используемыми современные технологии и оборудование. Основными критериями, определяющими уровень работоспособности, стали показатели эффективности исполнителей  $K_{\text{эф}}$  (табл. 1), изменяющиеся в течение смены по отношению к среднеарифметическому значению ряда этих показателей, который, по сути, является нормой выработки для данного процесса. По результатам расчетов, приведенных в таблице 3, был построен график изменения работоспособности исполнителей в течение рабочей смены (рисунок 1). Отрезки OA, AB, BC и OA', A'B', B'C', лежащие на оси ординат являются искомыми границами фаз работоспособности исполнителей. Размеры отрезков AB и A'B' опре-



— звено проходчиков, строящих устье наклонного ствола по традиционной технологии  
 - - - бригады строителей, сооружающих железобетонный конструктив по современной технологии

Рис. 1. Графики изменения работоспособности исполнителей в течение рабочей смены:

деляют фазы устойчивой работоспособности, а ОА', В'С' – фазами врабатывания и снижения работоспособности соответственно.

Представленные графики отражают динамику изменения показателей эффективности выполняемых работ и характеризуют их уровень стабильности, который зависит от характера операций, составляющих процесс. Критерием стабильности работ является показатель изменения работоспособности исполнителей, определяемый по формуле, выведенной авторами:

$$\Pi = \frac{K_{\text{эфф. max}} - K_{\text{эфф. i}}}{K_{\text{эфф. max}}},$$

где  $K_{\text{эфф. max}}$  – максимальное значение коэффициента эффективности;

$K_{\text{эфф. i}}$  – среднеарифметическое значение начального и конечного значений показателей эффективности исполнителя.

Технология, используемая исполнителями при строительстве устья наклонного ствола, включает в себя ряд ручных операций, требующих на их выполнение больших физических и умственных затрат: установка в проектное положение элементов жесткой арматуры, подгон и крепление внутренней оболочки опалубки, монтаж гибкого арматурного каркаса из отдельных стержней, установка в проектное положение и крепление внешней оболочки опалубки. В этом случае показатель изменения работоспособности составил 0,63.

Технология, используемая другими бригадами, включает в себя операции, сводящие к мини-

муму все вышеперечисленные факторы снижения эффективности. В этом случае показатель изменения работоспособности составил 0,18.

На основании вышеизложенного с целью увеличения производительности труда и сокращения продолжительности строительства устья наклонного ствола открытым способом авторами были поставлены задачи и определены методы их решения:

- выполнить анализ технической возможности, области применения, способов монтажа современной опалубки, используемой для изготовления железобетонных конструкций различной сложности;

- изучить методы работы строительных бригад плотников-бетончиков и арматурщиков, прошедших обучение и стажировку за рубежом (в Германии);

- изучить передовой опыт сооружения железобетонных конструкций с использованием электропрогрева в зимних условиях;

- на основании этих исследований разработать структурно-технологические модели и карты усовершенствованных трудовых процессов строительства устьев наклонных стволов открытым способом;

- выполнить количественный анализ эффективности использования разработанных карт трудовых процессов, установить влияние изменения показателей эффективности на границы фаз работоспособности исполнителей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вылекжанин, В.Н. Адаптивное управление подземной технологией добычи угля / В.Н. Вылекжанин, Э.И. Витковский, В.П. Потапов. – Новосибирск: Наука, 1987. – 232 с.
2. Исследование производственных процессов строительства наклонных стволов с применением видеосъемки : методические рекомендации / ННЦ ГП – ИГД им. А.А. Скочинского – Кузбас. гос. техн. ун-т / С.В. Гордеев, А.Д. Рубан, В.К. Разин, В.В. Першин, А.Н. Садохин, А.В. Дементьев, П.В. Разин. – Москва-Кемерово: 1998. – 28 с.
3. Клайн, И. Проходка стволов с проектом «Сельби». – Глюкауф: №23, 1981. – с. 10-15.
4. Першин, В.В. Моделирование эргатических процессов строительства горных выработок / В.В. Першин, М.В. Алексеев. – Изв. вузов: Горный журнал: №5, 1990. – с. 42-46.
5. Першин, В.В. Эргатические основы проектирования процессов строительной геотехнологии [Текст]: / В.В. Першин, А.Н. Садохин, А.В. Дементьев, С.В. Казак, А.В. Наседкин, Цзяо Ви-Го. – Кемерово: Кузбассвязиздат, 2002. – 217 с.
6. Руще, И. Завершение проходки наклонного ствола на шахте «Проснер» – Глюкауф: №9, 1986. – с. 24-28.
7. Рационализация технологических процессов строительства горных выработок : методические рекомендации/ ННЦ ГП – ИГД им. А.А. Скочинского – Кузбас. гос. техн. ун-т / А.Д. Рубан, С.В. Гордеев, В.В. Першин, А.Н. Садохин, А.В. Дементьев, А.И. Копытов, В.А. Минин. – Москва-Кемерово: 1999. – 34 с.

□ Авторы статьи:

Першин  
Владимир Викторович,  
докт. техн. наук, проф., зав. каф.  
строительства подземных сооруже-  
ний и шахт КузГТУ,  
тел. 8-3842-39-63-77.

Дементьев  
Андрей Владимирович,  
доцент каф. строительства подзем-  
ных сооружений и шахт, КузГТУ.  
avd.spssh@kuzstu.ru

Соловьева  
Марина Олеговна,  
студент ГУ КузГТУ гр. СПз-10,  
инженер производственно-  
технического отдела ООО «Строй-  
Элит» (АСО «Промстрой»).