

## АКТУАЛЬНОСТЬ И ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СТРУГОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ БЕЗЛЮДНОЙ ВЫЕМКИ ПОЛОГИХ ТОНКИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ДОНЕЦКОГО БАССЕЙНА

*Рассмотрены отечественные и зарубежные тенденции создания струговых комплексов для отработки пологих угольных пластов длинными лавами без постоянного присутствия горняков в очистном забое. Отмечены актуальность и проблемы создания автоматизированных струговых комплексов для безлюдной выемки тонких угольных пластов в усложненных горно-геологических условиях.*

**Ключевые слова:** *струговые механизированные комплексы, горно-геологические условия, тонкие пласты, технико-экономические показатели, безлюдная выемка, автоматизация, проблемы создания, классификация, параметры, область применения.*

### Постановка проблемы

На шахтах Германии, США, Польши, Чехии и других стран комбайновая выемка тонких угольных пластов используется только при отсутствии возможности применения струговых механизированных комплексов по горно-геологическим условиям. Доля добычи угля стругами в 1990 г. достигала 67 % в Германии, 23 % в Чехии и только 5,3 % в СССР [1].

В России специалисты считают, что в усложненных условиях струговая выемка может применяться при надежном креплении лавы, обеспечивающем значительное снижение энергозатрат и безопасность эксплуатации стругового комплекса. При этом целесообразно использовать импортные струговые установки с мощностью приводов 200-400 кВт, положительно зарекомендовавшие себя в Германии и США, агрегированные с отечественной механизированной крепью типов М 137, М 138 [2].

В Украине 96 % залежей угля находится в Донецком бассейне, суммарные запасы до глубины 1800 м – 40,8 млрд. т; угли каменные марок Д-Т (78%), антрациты (23 %). 85 % общих запасов угля сосредоточено в тонких пластах мощностью менее 1,5 м; 63,1 % промышленных запасов угля залегает в тонких пластах мощностью 0,7-1,2 м и 20,1 % – в весьма тонких мощностью 0,5-0,7 м. Около 70 % рабочих пластов характеризуется сложным строением и малоустойчивыми породами кровли.

За период 1990-2005 гг. число находящихся в эксплуатации струговых установок отрывного типа на пластах мощностью 0,65-0,95 м, со среднесуточной добычей 250-300 т, сократилось с 92

до 13. До настоящего времени средства комплексной механизации для отработки весьма тонких пластов на базе комбайновой выемки не разработаны. Выемка тонких пластов осуществляется в основном комбайновыми комплексами со значительными объемами присекаемых боковых пород. Это подтверждается результатами статистических исследований ДонУГИ, характеризующих объемы присекаемых пород при работе очистных комбайнов и стругов на тонких пластах. Так, в течение 2007 года дополнительно к объему добытого угля (с его природно-генетической зольностью) на поверхность шахт Украины выдано 10026 тыс. тонн присекаемой породы. Основная масса породы (7200 тыс. т, или 71,8 %) выдана из тонких пластов. Установлено также, что наименьшую присечку (7,3-13,7 %) обеспечивают струговые установки в пластах мощностью 0,68-0,87 м.

В ближайшей перспективе реально достижимые объемы добычи и качество добываемого угля в Донецком бассейне будут определяться техническим уровнем применяемого очистного оборудования и технологии струговой выемки.

Поэтому в целях обеспечения энергетической независимости (годовая добыча не менее 110-115 млн. т, высокая производительность и перевод всех шахт в разряд рентабельных) необходимо решение актуальной проблемы технического переоснащения шахт на основе создания и широкого внедрения современных высокоэффективных комбайновых и, прежде всего, автоматизированных струговых комплексов (АСК) для безлюдной отработки тонких угольных пластов Донецкого бассейна.

### Анализ последних исследований и публикаций

Рассмотрим состояние проблемы, отечественные и зарубежные тенденции, направления и проблемы ее решения.

В числе перспективных приоритетных проектов института ГП «Донгипроуглемаш» [3-5] следует отметить создание и внедрение автоматизированных комбайновых и струговых очистных комплексов на базе щитовых крепей ДМ и ДТ для отработки пологих пластов мощностью 0,85-1,5 м. Комбайновый автоматизированный комплекс создается на базе комплекса МДМ с ручным управлением, обрабатывающим тонкие пласты с обеспечением среднесуточных нагрузок 1200 т/сутки. Применение комбайнового комплекса может быть эффективным при отработке пластов угля коксовых марок, так как они подвергаются глубокому механическому обогащению для снижения зольности, а гранулометрический их состав не имеет существенного значения.

Автоматизированный струговой комплекс на базе крепи ДМ предназначается также для механизированной выемки пологих пластов мощностью 0,85-1,5 м в лавах длиной до 300 м. Комплекс будет оснащен струговой установкой скользящего или отрывного типа с мощностью приводных блоков по 250-400 кВт каждый и системой электрогидравлического управления со штрекового пульта, что соответствует требованиям безлюдной технологии работы.

Для отработки пластов мощностью 0,75-1,2 м создается струговой комплекс на базе специального исполнения крепи ДМ и струговой установки отрывного типа с мощностью приводных блоков 2×250 кВт. Применение таких струговых комплексов должно обеспечить значительное повышение качества добываемого угля: рост сортности в 2-3 раза и снижение зольности 1,5-2 раза, что позволит существенно улучшить экономические показатели работы шахт, обрабатывающих антрацитовые пласты [5].

В последнее время единственным в угольной отрасли специализированным институтом струговой выемки был Луганский проектно-конструкторский институт струговой выемки угля (ЛИСВУ). Основные направления деятельности ЛИСВУ:

- 1) комплексные исследования в области струговой выемки, определение направлений ее развития и усовершенствования;
- 2) создание эффективной струговой техники и технологии для подземной выемки угля, активное внедрение струговых установок и комплексов на предприятиях отрасли.

Однако выполненные научно-технические разработки ГП «ЛИСВУ» и ОАО «ХМЗ «Свет шахтера»: струговые установки УСТ2М и УСТ4 для выемки тонких пластов, скреперо-струговая установка УВТ для выемки сверхтонких пластов, к сожалению, не отвечают современным требованиям к техническому уровню средств механизации для безлюдной технологии отработки тонких пластов.

В России ОАО «ШахтНИУИ» проводит систематически научно-исследовательские и проектно-конструкторские разработки по созданию струговых установок и струговых комплексов для выемки тонких пластов и пластов средней мощности. Струговые установки конструкции ОАО «ШахтНИУИ» для отработки пологонаклонных пластов мощностью 0,6-1,2 м изготавливаются и применяются на угольных шахтах России и Украины [6].

Состояние и перспективы развития струговой выемки в Украине и России рассмотрены в работах [1,2,4,5], а существенные ее преимущества по сравнению с комбайновой – в работах специалистов ГП «Донгипроуглемаш», ГП «ЛИСВУ», ОАО «ШахтНИУИ», а также института общей энергетики НАН Украины (г. Киев) [7].

На основе анализа многолетнего отечественного и зарубежного опыта применения комбайновой и струговой технологий для отработки тонких пластов специалистами в области создания эффективных средств угледобычи отмечаются следующие преимущества струговой выемки [1-7,10-14]:

- разрушение угля стругом по напластованию, в отжатой зоне с малой (5-15 см) шириной захвата снижает энергоемкость процесса отделения угля от массива и повышает выход крупно-средних сортов;
- уменьшается зольность угля за счет устранения присечек породы и снижается пылеобразование в несколько раз по сравнению с комбайновой выемкой;
- повышается безопасность отработки выбросоопасных пластов, так как при узком захвате быстрее происходит дегазация пласта;
- возможность реализации силового и скоростного режимов работы при различных соотношениях скоростей движения струга и цепи конвейера позволяет достигать высоких нагрузок на очистные забои (до 5-10 тыс. т/сут. на пластах мощностью 0,75-1,2 м);
- снижаются затраты на концевые и вспомогательные операции, обеспечивается возможность работы струговой установки, агрегатированной с гидрофицированной механизированной

крепью, без постоянного присутствия людей в лаве;

– электроприводы струга и конвейера располагаются на сопряжениях очистного забоя с примыкающими штреками, что исключает необходимость применения в лаве подвижного электрического кабеля под напряжением.

Недостатками струговой техники и технологии являются низкий КПД струговых установок отрывного типа и ограниченная область их эффективного применения в пластах очень крепкого и вязкого угля (до 300 кН/м) с неспокойной гипсометрией и боковыми породами ниже средней устойчивости.

**Цель (задачи) исследования**

Целями настоящей работы являются: 1) рассмотрение наиболее перспективных отечественных и мировых тенденций развития струговых комплексов; 2) выявление нерешенных актуальных проблем и формирование направлений и путей их разрешения.

**Основной материал исследования**

Специалистами ГП «Донгипроуглемаш на основе анализа состояния развития струговой

выемки в Украине и за рубежом, установлены причины отставания от мирового уровня и определены первичные задачи для его ликвидации. Основными результатами этой работы, имеющими важное значение методологического и научно-практического характера при решении задач разработки и проектирования струговых комплексов, являются:

– программа поэтапного развития и внедрения струговых механизированных комплексов на базе щитовых двухстоечных крепей, агрегатированных со стругами отрывного типа (класса 1МСК), со стругами скользящего типа (класса 2МСК) и автоматизированных струговых комплексов (класса АСК);

– системная классификация оборудования средств механизации струговой выемки по показателям: уровень эффективности; уровень автоматизации; по мощности пласта и производительности; по типу струговой установки; по энерговооруженности и надежности; по типу щитовой крепи и диапазону ее раздвижности;

– рекомендуемые основные характеристики оборудования различных классов – струговых очистных комплексов на базе щитовых двухстоечных крепей – с учетом факторов экономиче-

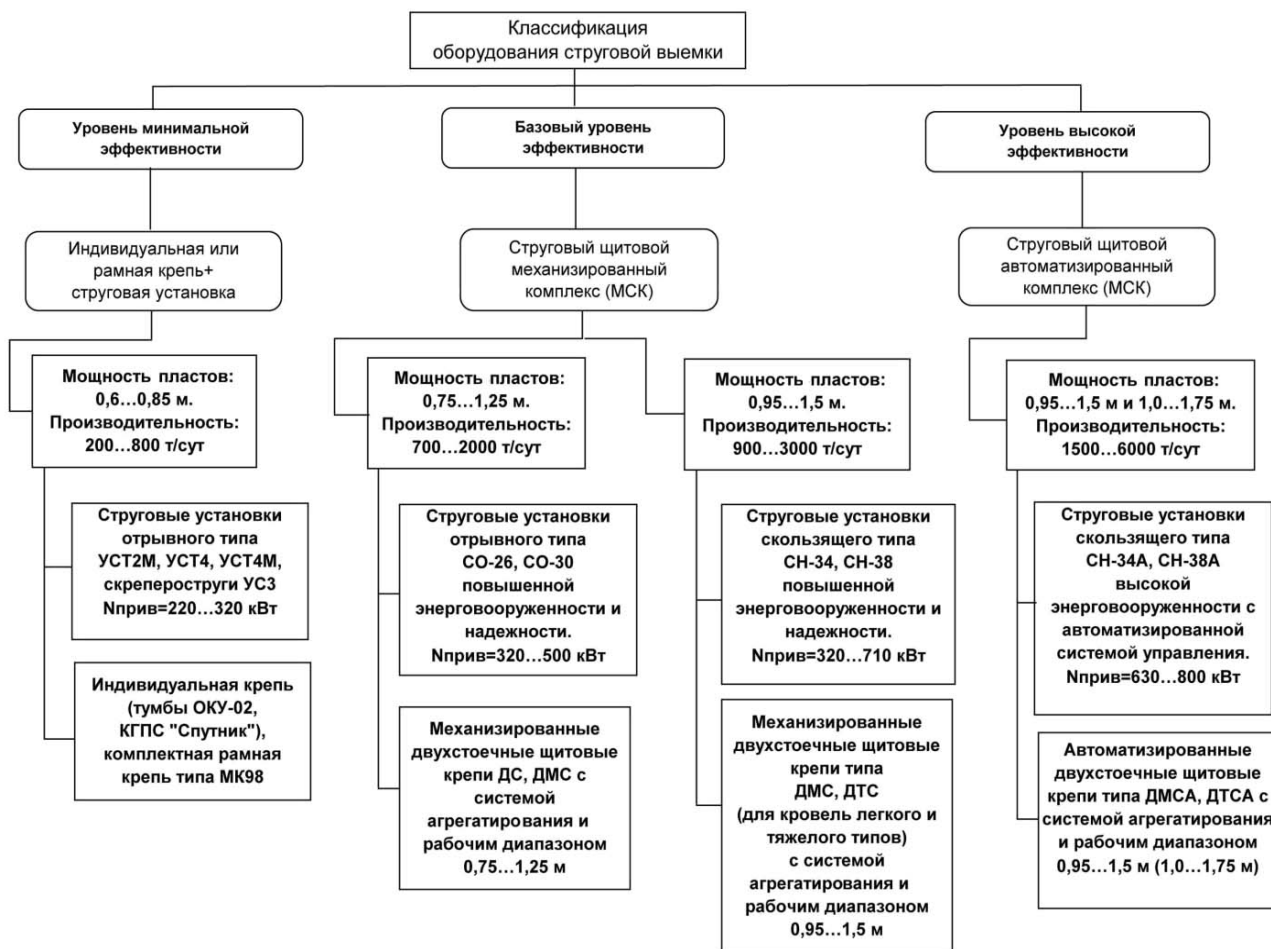


Рис. 1. Классификация оборудования струговой выемки

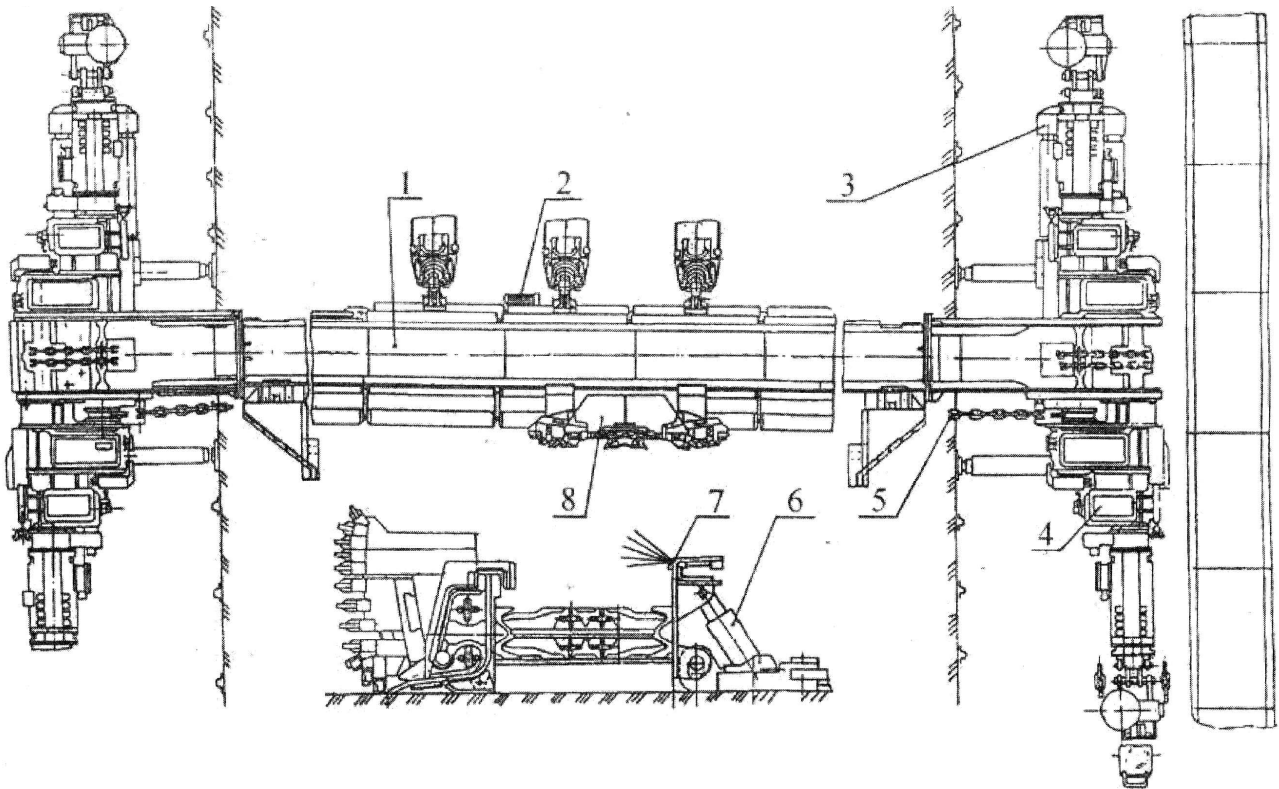


Рис. 2. Установка струговая 2СН3413.

1 – конвейер; 2 – электрооборудование; 3 – стол гидрофицированный; 4 – привод струга; 5 – цепь струга; 6 – гидроцилиндр наклона конвейера; 7 – орошение; 8 – струг

ской эффективности, диапазона горно-геологических условий и уровня автоматизации.

Структурная схема классификации оборудования струговой выемки, предложенная ГП «Донгипроуглемаш», представлена на рисунке 1.

Специалистами ГП «Донгипроуглемаш» разработана также «Программа развития струговой техники на угледобывающих предприятиях Минуглепрома Украины на 2007-2011 годы». Реализация программы должна обеспечить:

1) создание отечественных современных струговых щитовых комплексов для эффективной выемки тонких пологих пластов в лавах длиной до 300 м;

2) увеличение объемов добычи угля из тонких пластов, повышение сортности угля и снижение его зольности за счет сокращения присечек боковых пород;

3) повышение безопасности персонала струговых комплексно-механизированных забоев и сокращение объемов ручного труда;

4) расширение области эффективного применения струговой выемки на пласты с боковыми породами ниже средней устойчивости с сопротивляемостью углю резанию до 300 кН/м;

5) создание отечественных автоматизированных струговых щитовых комплексов, работающих без постоянного присутствия людей в забое с производительностью до 6000 т/сутки.

Следует отметить, что для успешного решения комплекса перечисленных выше задач проблемного характера необходимо:

– развитие и реализация новой (инновационной) концепции создания и внедрения автоматизированных струговых комплексов, основанной на оптимальном использовании геомеханических, технологических и технических факторов, влияющих на состояние угольного пласта в пределах ширины захвата, позволяющих эффективно использовать явление отжима и природные свойства углей как разрушаемых сред для снижения энергоемкости процесса выемки и повышения сортности [8];

– в процессе эксплуатации необходимо управлять отжимом в пределах вынимаемой полосы путем регулирования скорости подвигания очистного забоя и сопротивления лавокомплекта крепи опусканию кровли с автоматическим мониторингом ее состояния в призабойном пространстве [8];

– применение современных методов системного оптимального проектирования сложных энергонасыщенных многоприводных динамических систем стругов с распределенными параметрами, разработка их динамических и математических моделей, адекватных реальным физическим объектам, модельные исследования и использование их выводов на основе анализа

результатов имитационного моделирования, для обеспечения требуемых показателей надежности и ресурса [21,22];

– изучение и критический анализ научно-технических источников, освещающих отечественный и зарубежный опыт создания и применения струговых установок и комплексов; к их числу можно отнести публикации специалистов в области струговой выемки в шахтах ФРГ, Германии, США, Великобритании, России и других угледобывающих стран, а также информационные материалы зарубежных фирм – производителей и поставщиков струговых комплексов на мировом рынке горной техники [10-15].

Заслуживают особого внимания, критического анализа и использования опыт и результаты исследований и опытно-конструкторских работ института «ШахтНИУИ» [1,14], создавшего три поколения струговых установок отрывного, скользящего и комбинированного типов, а также механизированные струговые комплексы 1МКС122, 2МКС125 и 2МКС216 (220) для выемки тонких пластов.

На рис. 2 приведен в качестве примера общий вид оборудования струговой установки скользящего типа 2СН3413 с мощностью приводов 2×400 кВт и тяговой цепи струга калибра 34 мм.

Комплексы выполнены на базе струговых установок скользящего типа с энерговооруженностью до 1000 кВт - 2СН3413 и щитовой крепи 2КС216(220) с рабочим сопротивлением 560 кН/м<sup>2</sup> (940 кН/м<sup>2</sup>) и минимальной высотой 650; 700 мм, соответственно (рис. 3 и 4). Применение таких автоматизированных комплексов позволит вести выемку в рабочие смены без присутствия рабочих в очистном забое. Для проведения работ по осмотру и ремонту оборудования в ремонтно-подготовительные смены предусмотрены проходы для рабочих с размерами, соответствующими требованиям безопасности.

Целесообразно также использовать много-

летний (1950-2016 гг.) положительный опыт создания, развития и применения в сложных горно-геологических условиях Рурского бассейна струговых установок [9], струговых комплексов [10], автоматизированных струговых установок фирмы DBT [11] и автоматизированных струговых систем фирмы Caterpillar (CAT) [12].

Следует отметить такие тенденции развития и совершенствования струговой техники в Германии: повышение энерговооруженности приводов струга и стругового конвейера; применение электроприводов с частотным регулированием и средствами защиты; применение высокопрочных тяговых цепей, высокопрочных секций решетчатого става и соединительных звеньев, применение усовершенствованных конструкций исполнительного органа регулируемой высоты, применение агрегатированной механизированной крепи и системы управления горизонтом, обеспечивающих эффективную работу комплекса в условиях слабой кровли и волнистой почвы; применение электронной системы управления секциями крепи с автоматизацией процесса дозированной выемки с использованием пошагового резания пласта стругом.

В части тенденций конструирования можно отметить использование модульного принципа, разделение составных частей струга и конвейера на базовые и быстро изнашиваемые, применение рациональных конструкционных материалов для обеспечения надежности и оптимальных сроков их службы.

Наиболее существенным результатом развития немецкой струговой техники является отказ от многочисленных типов и конструкций струговых установок, работавших с комплектными крепями и забойными конвейерами с волнообразным перемещением на забой при ширине захвата до 0,3 м.

Такие установки в настоящее время вытеснены комплексами фирмы «Хальбах и Браун» с мощностью приводов струга 2×315 кВт, фирмы

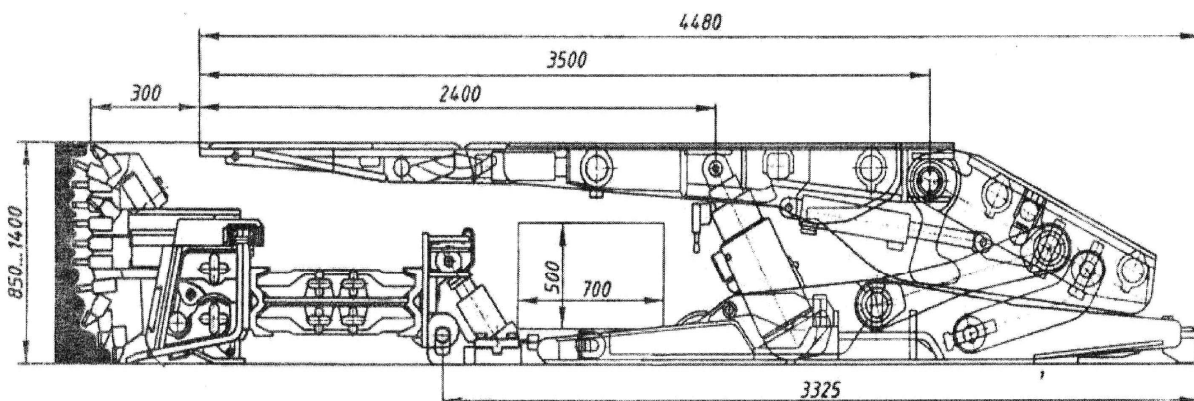


Рис. 3. Комплекс очистной струговой 1МКС122 (со струговой установкой 2СН3413)

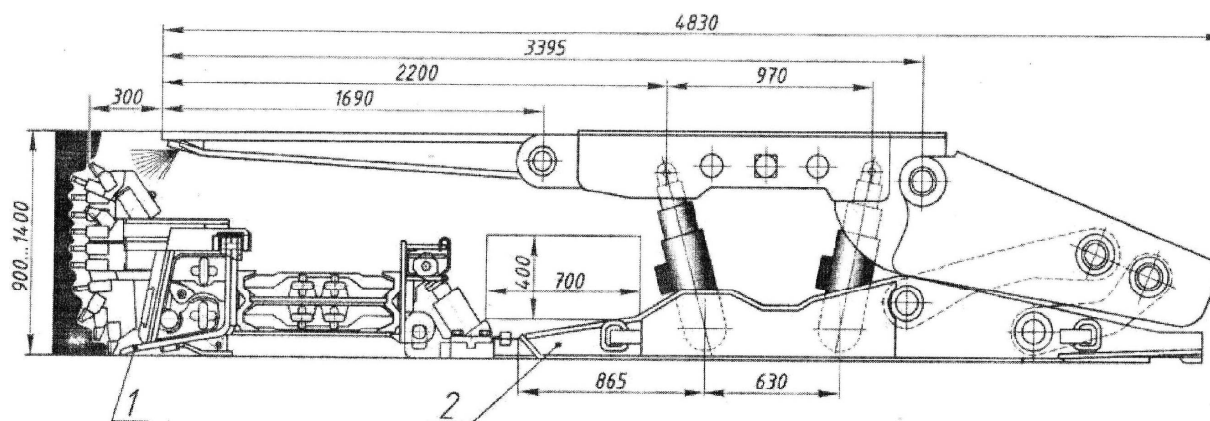


Рис. 4. Комплекс очистной механизированный 2МКС216 (2МКС220)

ДБТ: GN9-34 GN9-38 GN42, фирмы САТ, работающими с агрегатированными крепями и фронтально передвигаемыми конвейерами. Положительной особенностью новых струговых комплексов является прямолинейность конвейерного става, обеспечивающая четкое расположение секций крепи, что является основой создания автоматизированного стругового комплекса и технологии выемки угля без постоянного присутствия людей в очистном забое во время его работы.

Примером могут служить автоматизированные струговые комплексы САТ с установленной мощностью до 1600 кВт (GN 1600), способные добывать уголь любой крепости в режиме дозированной выемки при резании угля стругом САТ на четко заданную глубину стружки, независимо от его твердости, структуры пласта и геологических нарушений [12]. Такой комплекс может обрабатывать пологие пласты мощностью 1,8-2,3 м с показателями более высокими, чем комбайн, однако с более высокими удельными энергозатратами.

Отмеченные тенденции позволяют расширить область эффективного применения автоматизированных струговых комплексов на пласты крепкого угля мощностью более 1,5 м в усложненных горно-геологических условиях. Вместе с тем, в комплексах для тонких пластов не приво-

дятся данные по применяемым механизированным крепям.

Так, для выемки пластов мощностью от 0,6 до 1,5 м предлагается установка отрывного типа RHH800 с установленной мощностью 2×400, с тяговой цепью струга калибром 38 или 42 мм, соединители рештаков рассчитаны на разрывное усилие до 2000 кН. Однако отсутствуют данные о типе и параметрах механизированной крепи, что свидетельствует о несоответствии этого исполнения МСК требованиям к автоматизированным струговым комплексам для безлюдной технологии выемки тонких пластов.

Одной из нерешенных при создании струговых комплексов для тонких пластов – является проблема надежного крепления лавы, которая сложно решается при выемке угля стружками 0,05-0,15 м при передвижке секций крепи на 0,6-0,8 м, даже в условиях устойчивых непосредственных кровель.

Опыт разработки струговых комплексов на базе щитовых крепей, спроектированных для комбайновой технологии, показал, что необходимо создание специальных механизированных крепей, соответствующих специфике технологии работы струговых комплексов. Методы определения силовых и конструктивных параметров механизированных крепей для струговых комплексов обоснованы в докторской диссертации

Табл. 1. Характеристики струговых установок классов Л, С, Т по ГОСТ Р 53650-2009

Класс установки	Мощность приводов струга, кВт	Калибр тяговой цепи струга, мм	Мощность приводов стругового конвейера, кВт	Калибр цепи тягового органа стругового конвейера, мм
Легкий (Л)	от 220 до 400	26×92; 30×108	от 220 до 320	18×64; (24×86-Н)
Средний (С)	св. 400 до 630	34×126	св. 320 до 630	26×92; 30×108
Тяжелый (Т)	св. 630	38×137 и выше	св. 630	34×126 и выше

**Примечание:** В калибре цепи 24×86-Н буква Н показывает, что вертикальное звено имеет пониженный размер (64 мм).

Табл. 2. Значения основных показателей назначения в зависимости от типа и типоразмера установок

Наименование показателя	Значения показателя, параметра						
	1СОXXXX	2СОXXXX	3СОXXXX	1СНXXXX	2СНXXXX	3СНXXXX	3СКXXXX
Производительность очистной выемки (расчетная), м <sup>2</sup> /мин, не менее	4,5						
Применяемость по мощности пласта, м: – минимальной, не более – максимальной, не менее	0,55 0,8	0,85 1,2	0,95 1,6	0,65 0,9	0,85 1,2	0,95 1,6	0,95 1,6
Применяемость по сопротивляемости пласта резанию, кН/м, не более	250			300			
Суммарная номинальная мощность электродвигателей струга, кВт, не менее	220	320	500	220	320	630	320
Суммарная номинальная мощность электродвигателей конвейера, кВт, не менее	220	320	500	220	320	630	320
Скорость движения струга, м/с	0,5-3,5						
Скорость движения тягового органа конвейера, м/с	0,5-1,35						
Конструктивная высота струга, мм: – минимальная, не более – максимальная, не менее	450 750	650 1000	850 1400	500 800	650 1000	850 1400	850 1400
Минимальная конструктивная высота конвейера по борту, мм, не более	400	600	750	450	600	750	750
80 %-й ресурс до капитального ремонта, тыс. т, не менее	500	1000	1500	750	1500	3000	3000

**Примечания:** 1. 80 %-й ресурс до капитального ремонта определяют по предельному состоянию решетчатого става конвейера установки. 2. При выемке антрацитов 80 %-й ресурс до капитального ремонта должен составлять не менее 50 %.

Табл. 3. Характеристики струговых установок классов Л, С, Т, СТ

Класс СУ	Мощность приводов струга, кВт	Калибр цепи струга, мм	Площадь сечения конвейера, м <sup>2</sup>	Калибр цепи конвейера, мм	Мощность приводов конвейера, кВт	Теоретическая производительность струга, т/мин	Вынимаемая мощность пласта, м
Л	<400	30×108	<0,20	18×64	320	до 10	0,85-1,1
С	400-630	34×126	0,2-0,3	26×92	320-630	10-15	0,95-1,5
Т	630-1260	38×137	0,3-0,5	30×108	630-800	15-25	1,1-1,65
СТ	1260-2000	42×152 и более	>0,5	42×152	800-1600	25-35	1,2-2

Ю.В. Турук [16]. Принципы и методы синергической взаимосвязи функциональных силовых подсистем и системы управления, обеспечивающие адаптацию автоматизированного очистного комплекса к горно-геологическим условиям, рассмотрены в работе [17].

Если на стадии проектирования или при выборе типа и параметров МСК не учтены главные условия его адаптации к горно-геологическим условиям эксплуатации, то эффективная работа лавы оказывается невозможной. Так, например, для разработки рекомендаций по повышению эффективности эксплуатации МСК типа МС-

ДБТ в лаве с изменяющимися условиями ведения очистных работ (лава 312-а, ш. «Северная» ОАО «Воркутауголь», ОАО «ШахтНИУИ» потребовалось провести детальные исследования с анализом причин неудовлетворительной работы МСК и поиском путей их устранения [18].

При проектировании новых струговых комплексов необходимо также использовать (НТД), разработанные на основе обобщения результатов анализа технико-экономических показателей работы стругов отечественного и зарубежного производства. Таким НТД можно считать национальный стандарт Российской Федерации

ГОСТ Р 53650-2009 [20].

Стандартом установлена классификация струговых установок по трем типам в зависимости от особенностей их конструктивного устройства (СО, СН, СК).

В зависимости от мощности приводов струга и конвейера, калибров тяговой цепи струга и цепи тягового органа скребкового конвейера струговые установки должны изготавливаться трех классов: легкого (Л), среднего (С), тяжелого (Т). Характеристики установок различных классов приведены в табл. 1, а в табл. 2 – показатели их назначения и характеристики отдельных типоразмеров, назначения и характеристики отдельных типоразмеров.

В работе [15] рассматривается четыре класса струговых установок: легкий, средний, тяжелый и сверхтяжелый, их основные характеристики приведены в табл. 3. Они отражают последние достижения в области создания современных струговых установок и ориентируют проектировщиков на расширение области применения высокоэнерговооруженных установок на пласты крепких углей, в том числе и СУ сверхтяжелого класса – для пластов мощностью до 2,0 м.

## **Выводы**

1. Учитывая большое разнообразие горно-геологических условий залегания и структуры пологих тонких угольных пластов Донецкого бассейна, изменчивость проявления горного давления на крепь и разрушаемый стругом угольный пласт по длине лавы и в направлении подвигания очистного забоя, проектирование АСК как единой системы должно выполняться под конкретные условия его применения с учетом технологии очистных работ и особенностей взаимодействия всех подсистем АСК между собой и с горным массивом.

2. Гидрофицированная крепь в составе базовой системы агрегатирования АСК: «забой-струг-конвейер-щитовая крепь-вмещающие породы» должна обеспечивать ориентацию, перемещение и коррекцию положения стругового комплекса в целом в пространстве лавы, возможность управления положением конвейера и струга в плоскости и профиле пласта по длине лавы с помощью электрогидравлической системы управления.

3. Силовые и режимные параметры подсистем: «забой-струг-конвейер-электрооборудование приводов» и «вмещающие породы-щитовая механизированная крепь-гидрооборудование-средства управления» должны быть синергетически взаимоувязаны и обеспечивать полную функциональную, параметрическую и конструктив-

ную интегрированность оборудования АСК и способность его адаптации к изменениям горно-геологических условий.

4. Поскольку производительность стругового комплекса зависит от мощности пласта, крепости угля, мощности приводов и вида скоростных режимов подсистемы «струг-конвейер», функциональная и параметрическая адаптация параметров МСК, обеспечивающая наилучшее использование системы «струг-конвейер», должна основываться на стадии проектирования путем использования рекомендаций ГОСТ Р 53650-2009, опыта эксплуатации подобных МСК и возможности варьирования параметрами приводов (мощность и синхронная частота вращения электродвигателей, передаточные числа редукторов, средства защиты и калибры цепных тяговых органов).

5. Основой разработки системы автоматизированного управления МСК должна служить структурно-функциональная схема стругового комплекса, последовательность выполняемых технологических операций и анализ отдельных их составляющих, параметры и технические характеристики частотно-регулируемых электроприводов струга, конвейера и гидрооборудования щитовой крепи.

6. Актуальной является задача оптимизации режимов работы струговых комплексов на основе применения частотно-регулируемого электропривода с замкнутой системой управления по скорости струга и обратными связями по производным от деформаций рабочей и обратной ветвей струговой цепи. Система автоматического управления должна обеспечивать рациональное распределение нагрузки между двигателями и минимизацию упругих колебаний в двухприводной электромеханической системе. Для этого в системе должен автоматически поддерживаться предварительный уровень натяжения цепи для работы взаимосвязанных двигателей в каждом цикле без затрат времени на выбор слабины в цепном контуре [23,24].

7. В современных струговых комплексах мехатронного типа с высокой мощностью приводов струга (2×250; 2×400 и выше) реализуются скорости струга до 2,5-3,6 м/с, при отработке пластов крепкого угля, пластов сложной структуры с волнистой почвой стружками до 15-20 см. В таких условиях неизбежны отказы рабочих инструментов (особенно почвенных) по абразивному износу или поломкам. Для снижения потерь времени на устранение отказов, повышения коэффициента машинного времени и производительности МСК автоматизированная система управления должна обеспечивать техниче-



скую диагностику рабочих инструментов стругового исполнительного органа и быстро изнашиваемых элементов направляющих рештачного става стругового конвейера. Для разработки системы диагностики технического состояния рабочих инструментов струговых исполнительных органов и направляющих струга можно использовать результаты исследований и рекомендации, изложенные в работе [25].

8. В связи с длительными сроками развития и совершенствования струговых установок (СУ, с 1950 г.) и механизированных струговых комплексов (МСК, с 1980 г.) для различных горно-геологических условий залегания и выемки угольных пластов, в настоящее время известны многочисленные отечественные и зарубежные конструктивные исполнения и технические решения. Различаются применяемые терминология и классификационные признаки стругов [1,19], отсутствуют методики для расчета основных силовых и режимных параметров приводов струга и конвейера, что затрудняет обоснование принимаемых решений на стадии проектирования, а также при выборе типа и класса установки под конкретные условия эксплуатации.

9. В развитие рекомендаций, сформулированных в работах [5,15], необходимы разработка научно-обоснованной классификации и систематизации струговой техники на основе единых критериев (признаков), создание нормативно-технических документов (НТД) для успешного решения сложных многофакторных задач проектирования новых и модернизации работающих механизированных и автоматизированных струговых комплексов (МСК) и (АСК).

10. Реализация достоверно обоснованных теоретически и подтвержденных на практике преимуществ струговой технологии и техники выемки угля из тонких пластов в сравнении с комбайновой позволит кардинально повысить производительность и рентабельность работы угольной отрасли на основе существенного снижения энергоемкости процесса угледобычи и повышения сортности добываемого угля по зольности и гранулометрическому составу.

11. Специфика горно-геологических условий залегания и значительные объемы подземной разработки тонких угольных пластов в Донбассе; социальные требования и требования безопасности обслуживания горняками средств механизации обуславливают необходимость разработки и освоения безлюдной струговой технологии выемки тонких угольных пластов на основе автоматизированных струговых комплексов с системой управления с применением интеллектуальных компонентов. На первом этапе это мо-

гут быть автоматизированные АСК, не требующие постоянного присутствия рабочих в забое.

### Список литературы

1. Луганцев Б.Б. Современное состояние и перспективы развития струговой выемки / Б.Б. Луганцев, Л.И. Файнбурд // Горное оборудование и электромеханика. – 2013. – №5. – С. 2-9.
2. Мышляев Б.К. Струг или комбайн – для выемки маломощных пластов / Б.К. Мышляев, И.В. Титов // Уголь. – 2011. – №7. – С. 24-26.
3. Косарев В.В. Новая очистная техника для переоснащения украинских шахт // Решение научно-технических проблем при создании и внедрении современного горно-шахтного оборудования: сб. науч. тр. ГП «Донгипроуглемаш». – Донецк: Астро, 2008. – С. 43-49.
4. Новое горно-шахтное оборудование для технического переоснащения угольных шахт / В.В. Косарев [и др.] // Уголь Украины. – 2007. – №2. – С. 3-11.
5. Состояние и перспективы развития струговой выемки в Украине / И.Г. Вассерман [и др.] // Решение научно-технических проблем при создании и внедрении современного горно-шахтного оборудования: сб. науч. тр. ГП «Донгипроуглемаш». – Донецк: Астро, 2008. – С. 387-404.
6. Луганцев Б.Б. Модернизация струговых установок и перспективы их применения на шахтах России и Украины / Б.Б. Луганцев, Л.И. Файнбурд // Горное оборудование и электромеханика. – 2013. – №1. – С. 11-13.
7. Шрайбер А.А. Современные и перспективные технологии добычи угля / А.А. Шрайбер, В.Б. Редькин // Проблемы общей энергетики: сб. научных трудов Института общей энергетики НАН Украины. – Киев: Институт общей энергетики НАН Украины, 2009. – Вып.17. – С. 7-13.
8. Гуляев В.Г. Пути снижения энергоемкости добычи и повышения сортности энергетических углей и антрацитов / В.Г. Гуляев, П.А. Горбатов, А.Г. Лаптев // Энергосберегающие технологии добычи, транспортирования и переработки твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых: сб. тез. докл. Межд. симпоз., 27-31 мая 1996 г. – Санкт-Петербург, 1996. – С. 3.
9. Гуляев В.Г. Механизация подземной угледобычи в ФРГ / В.Г. Гуляев, И.П. Иванов. – Киев: Гостехиздат УССР, 1962. – 100 с.
10. Пашедаг У. Автоматизированная техника струговой выемки – надежная и высокопроизводительная техника выемки угля, в том

- числе в сложных горно-геологических условиях // Глюкауф. – 2001. – №2(4). – С. 14-19.
11. Автоматизированные струговые установки DBT. Принцип работы и условия применения: [Эл. ресурс]. – Режим доступа: <http://bergmaster.narod.ru/DBT/DBT.pdf>
  12. Автоматизированные струговые системы CAT//ARX00609-02. [Эл. ресурс]. – Режим доступа: <https://mining.cat.com/cda/layout>
  13. Фосс Х.-В. Средства механизации выемки угля, применяемые в Германии при разработке пластов малой и средней мощности / Х.-В. Фосс, М. Битнер // Глюкауф. – 2006. – №3. – С. 14-19.
  14. Мышковский М. Сравнение эффективности струговой и комбайновой выемки в сопоставимых условиях эксплуатации / М. Мышковский, У. Пашедаг: [Эл. ресурс]. – Режим доступа: <http://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C10525855>
  15. Расчет и конструирование струговых установок / Б.Б. Луганцев [и др.]. – М.: Горная книга, 2011. – 291 с.
  16. Турук Ю.В. Методы определения силовых и конструктивных параметров механизированных крепей струговых комплексов: спец. 05.05.06 «Горные машины»: дис. ... док. техн. наук / Ю.В. Турук. – Новочеркасск, 2014. – 250 с.
  17. Методы и средства функциональной, параметрической и конструктивной адаптации оборудования высокопроизводительных очистных комплексов / В.В. Косарев и др. // Решение научно-технических проблем при создании и внедрении современного горно-шахтного оборудования: сб. науч. тр. ГП «Донгипроуглемаш». – Донецк: Астро, 2008. – С. 96-110.
  18. Повышение адаптивности струговых механизированных комплексов к изменяющимся условиям ведения очистных работ как важнейший фактор // Угольный портал: [Эл. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.coal.dp.ua>
  19. Луганцев Б.Б. Классификация исполнительных органов струговых установок отрывного типа / Б.Б. Луганцев, Л.И. Файнбурд, Н.И. Сысоев // Горное оборудование и электромеханика. – 2015. – №3. – С. 9-14.
  20. ГОСТ Р 53650-2009. Струговые установки. Общие технические условия. – Введ. 2009-15-12. – М.: Стандартинформ. – 2011. – 20 с.
  21. Гуляев В.Г. Математическая модель системы перемещения струга с двумя частотно-регулируемыми электроприводами / В.Г. Гуляев, С.В. Залесский // Инженер. – 2016. – №1(21)-2 (22). – С. 7.
  22. Математическая модель для исследования рабочих процессов частотно-регулируемой вынесенной системы перемещения очистного комбайна / В.П. Кондрахин [и др.] // Решение научно-технических проблем при создании и внедрении современного горно-шахтного оборудования: сб. науч. тр. ГП «Донгипроуглемаш». – Донецк: Астро, 2008. – С. 351-369.
  23. Волкова Л.П. Исследование динамики струговых установок на модели в условиях переменной жесткости рабочей ветви цепи // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – №6. – С. 552-566.
  24. Волкова Л.П. Измерение труднодоступных координат при управлении электроприводом струга // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2005. – №9: [Эл. ресурс]. – Режим доступа: <http://cyberlenika.ru>
  25. Шабаев О.Е. Техническая диагностика резцового исполнительного органа проходческого комбайна: монография / О.Е. Шабаев, И.И. Бридун, Н.В. Хиценко. – Донецк: ООО «Технопарк ДонГТУ «УНИТЕХ», 2015. – 200 с.

V.G. Gulyaev /Dr. Sci. (Eng.)/

Donetsk National Technical University (Donetsk)

### THE RELEVANCE AND CHALLENGES OF CREATING AUTOMATED PLOW SYSTEMS FOR MANLESS MINING OF FLAT THIN COAL SEAMS OF THE DONETSK BASIN

**Background.** *The relevance of the automated plow systems (APS) for plowing of thin flat coal seams in the Donetsk basin (85 % of reserves) on the basis of manless plow technology is due to economic and social factors. These include the acute need to: ensure the profitability of the mines for mining the energy coal and anthracite; improve the performance and safe operation of stoping complexes and staff.*

**Materials and/or methods.** *The paper analyzes domestic and international trends and problems of the plow technology development. The most difficult of these problems is the creation of automated plow complexes with aggregated panel supports for manless plowing, seam thickness 0.7-1.2 m (63 %).*

*Among the complex problems requiring innovative solutions is the optimization of parameters and modes of operation of the system "plow-conveyor-support", which has the ability to adapt to changing operating conditions on the basis of a mechatronic control system.*

**Results.** *A great variety of geological conditions and structure of thin coal seams of the Donets basin has necessitated the design of APS as a single system under specific operating conditions, taking into account the technology of the stoping works and the nature of the interaction of all APS subsystems of and the rock mass. This requires the implementation of innovative concept of APS based on optimal use of geomechanical, technological and technical factors influencing the condition of the coal seam within the gripper width, allowing efficient use of the phenomenon of slip and natural properties of coal as a destructible material to reduce the energy intensity of mining and increase the grade of coal. Energetic and mode parameters of the subsystem: "face-plow-conveyor-electrical drives" and "rock mass-panel powered support-hydro equipment-controls" need to be synergistically interconnected to provide fully functional, parametric and structural integrity of the APS equipment and its ability to adapt to changes in geological conditions.*

**Conclusion.** *The analysis of tendencies of the APS development identified the unsolved pending problems and the ways of their solution. The implementation of the theoretically justified and practically confirmed advantages of mining thin coal seams based on the APS (without the constant presence of people in a breakage face) will allow to cardinaly increase the productivity and profitability of mining enterprises due to a significant cost reduction of coal mining and enhancing the grade of coal by ash content and granulometric composition.*

**Keywords:** *geological conditions, thin seams, manless technology, automated plow systems, productivity, safety, profitability.*

**Сведения об авторе**

**В.Г. Гуляев**

SPIN-код: 8179-6566  
 Телефон: +380 (95) 748-72-32  
 Эл. почта: vggulyaev@gmail.com

*Статья поступила 03.11.2016 г.*

*© В.Г. Гуляев, 2016*

*Рецензент д.т.н., проф. В.П. Кондрахин*

**Новинки Изд-ва «ДОНЕЦКАЯ ПОЛИТЕХНИКА»**



*Проектирование электроснабжения горных предприятий: уч. пособ. для высш. учебн. заведений / И.Т. Сидоренко, К.Н. Маренич, И.В. Ковалёва. – Донецк: ООО «Технопарк ДонГТУ «УНИТЕХ», 2016. – 155 с. ISBN 978-966-8248-70-2*

Представлена методика расчёта системы электроснабжения шахты, включая комплекс электрооборудования поверхности. Представлены варианты методов расчёта отдельных компонентов системы электроснабжения, обоснования принимаемых допущений. Пособие содержит справочный материал с указанием типов и параметров электротехнического и электромеханического оборудования, применяемого на предприятиях угольной промышленности.