

УДК 622:658.011.56

**Е.В. Афоничев, С.В. Голосенко, А.А. Крючков, Ю.В. Шевырев**  
**ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**  
**СОВРЕМЕННЫХ ОЧИСТНЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ**  
**КОМПЛЕКСОВ**

*Приведен обзор современного очистного механизированного оборудования, применяемого на шахтах РФ и его основные технические характеристики. Рассмотрены проблемы и определены перспективные задачи автоматизации очистного оборудования.*

*Ключевые слова: автоматизация, очистной комплекс, электрооборудование.*

---

**В** последние десятилетия в угольной промышленности ведущих угледобывающих стран мира усиливаются процессы концентрации производства, растет производительность труда, повышается качество, мощность и надежность оборудования, во все большей степени удается обеспечивать бесперебойность производственных процессов, улучшать условия труда и технику безопасности (последнее особенно актуально на фоне постоянного увеличения глубин разработки месторождений). Продолжается техническое перевооружение угольных предприятий, совершенствование существующей и внедрение новой высокопроизводительной техники. От заменяемых аналогов ее отличают возросшая энерговооруженность; наличие автоматизированных систем управления на современной элементной базе с использованием микропроцессорной техники, включая эффективные средства диагностики; применение прогрессивных конструкционных материалов. Наибольшее внимание машиностроители уделяют повышению производительности и надежности машин [1].

В 2003 году в России было добыто 275,6 млн т угля. Добыча открытым способом составила 181,5 млн т (или 65,8 %). По производству угля Россия занимает пятое место в мире после Китая, США, Индии и Австралии. Энергетической стратегией России намечается увеличить добычу угля в 2020 г. — до 450 млн т. В угольной промышленности России практически завершилась структурная перестройка, и к управлению угледобывающими компаниями пришли частные владельцы [1].

Поднять угледобычу на новый уровень можно только одним путем — техническим перевооружением отрасли. Новое оборудование должно стабильно работать в сложных горно-геологических условиях шахт, а его ресурс, надежность и производительность — в 2–3 раза превышать аналогичные показатели существующего. Интенсификация производства при концентрации горных работ возможна только в случае комплексной механизации всех (включая вспомогательные) технологических процессов, максимальном сокращении ручного труда, обязательном обеспечении безопасных и соот-

164 Таблица 1

**Технические характеристики очистных комбайнов**

Наименование показателей	Значение для типа комбайна								
	К800	КДК500	Кузбас 500ю	МВ 12	МГ300	7LS1	EL2000	SL300	SL300/2
	Россия	Украина	Россия	Чехия	Китай	США (Joy)	Германия		
Производительность, т/м	10	8,0–18	не мен.8	20-37	–	–	–	–	–
Применяемость по вынимаемой мощности пласта, м	1,7-3,0	1,35–3,2	1,6-4,0	1,8-5,0	1,7-3,2	1,5–2,7	1,4–3,5	1,4–3,5	1,5–3,5
Суммарная номинальная мощность электропривода. кВт, в т.ч. – привода исполнительного органа;	960 2х400	597,5 2х250	535 2х200	690 2х400	680 2х400	– 2х440	1240 2х500	688 2х300	910 2х360
Номинальное напряжение питающей сети, В	3300	1140	1140	1140	1140; 3300	–	3300	1140	3300
Диаметр исполнительного органа, м	1,6	1,12–1,8	1,4-1,8	1,4-2,0	1,8-2,0	–	1,2–1,8	–	–
Номинальная ширина захвата, м	0,8	0,63; 0,8	–	0,63; 0,8	0,63; 0,8	–	–	–	–
Тип механизма подачи	Электр. частотно регуляр. БСП	Электр. частотно регуляр. БСП	Электр. частотно регуляр. БСП	Электр. частотно регуляр. БСП	Электр. частотно регуляр. БСП	Электр. частотно регуляр. БСП	Электр. частотно регуляр. БСП	Электр. частотно регуляр. БСП	Электр. частотно регуляр. БСП
Максимальная скорость подачи, м/мин	30	20	6	–	12	–	45	24,5	54,5
Максимальное тяговое усилие подачи, кН	800 (2х400)	600 (2х300)	400 (2х200)	800 (2х400)	300 (2х150)	400 (2х200)	750 (2х375)	600 (2х300)	800 (2х400)
Длина по осям исполнительных органов, мм	12040	8900	–	11196	12040	–	12200	–	–
Высота корпуса в зоне крепи, мм	1300	950;1350	–	–	1300	–	–	–	–
Масса, т	–	24–28	32	47,5	–	–	55	35–42	35–42

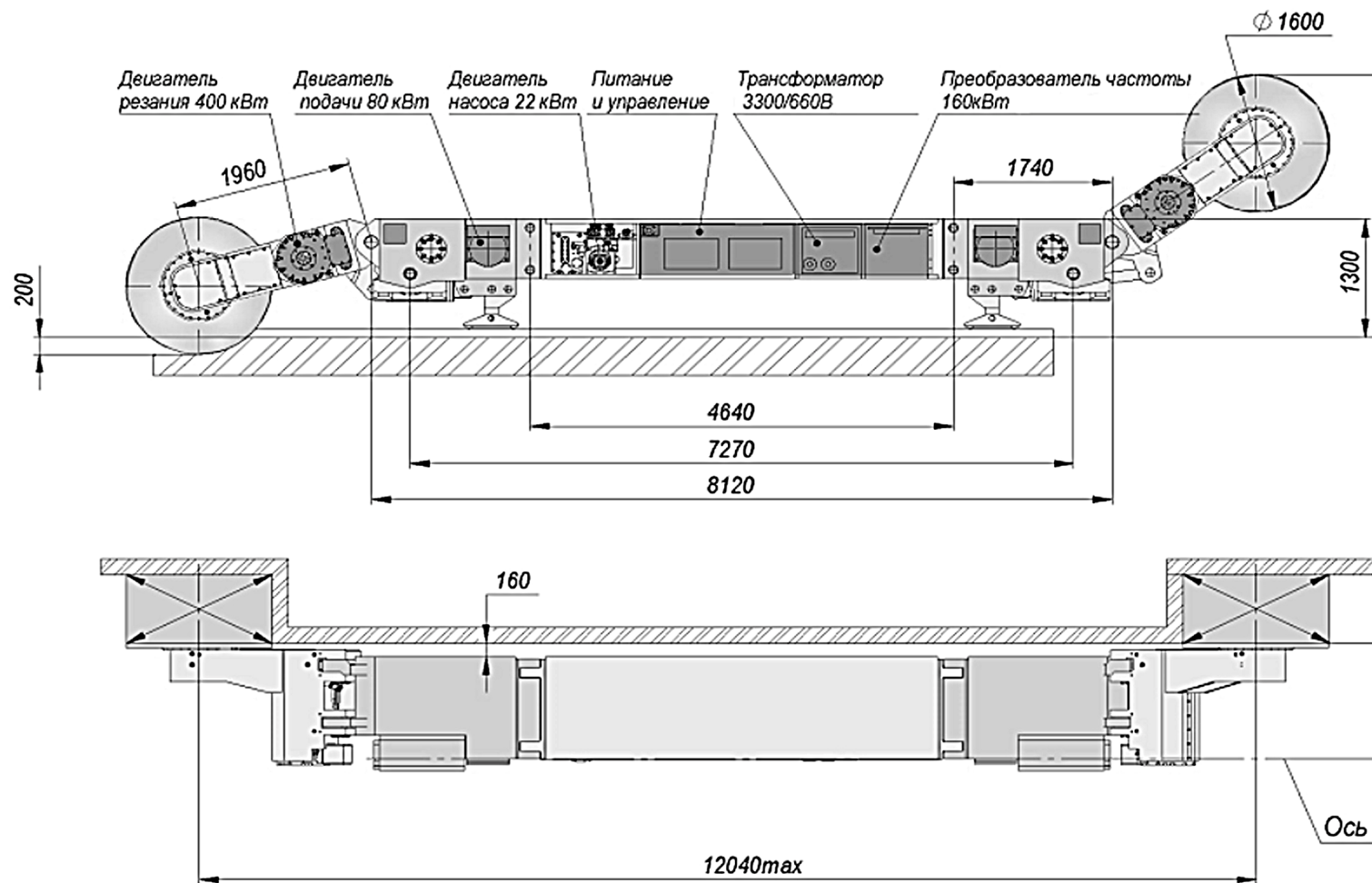
Таблица 2

**Краткие технические характеристики крепи**

Наименование показателей	Значение для типа крепи					
	2ОМТ01С	ДТМ	М171	1М174	2М174	2М174Б
Тип секции	Щитовая, 2-стоечная					
Вынимаемая мощность пластов, м	1,5-2,5	2,1-3,5	2,0-3,5	1,6-2,8	2,2-3,8	2,7-4,3
Удельное сопротивление на 1 м <sup>2</sup> поддерживаемой площади, кН/м <sup>2</sup>	895	1100-1200	840	875-1080	1220-1320	840-900
Сопротивление секции крепи, кН	6260	8400-9100	4300	6720-8420	9330-10230	5100
Удельное сопротивление на конце передней консоли перекрытия, кН/м	-	450	50	90	90	600-690
Шаг установки секций, м	0,8	1,75	1,5	1,75	1,75	1,5
Усилие передвижки, кН:	160	640	392	640	640	392
- секции	331	310	230	310	310	230
Габариты секции, мм	1710-5395;	1710-3500;	1650-3500;	1300-2800;	1300-2800;	2300-4300;
- высота (min - max)	-	1650;	1400;	1650;	1650;	1400;
- ширина	1400	5475-6225	5030	6250	6250	5470
Наличие механизма подъема основания	есть	есть	есть	есть	есть	есть
Масса секции, кг	10650	21500	12000	19000	18000	14000

**Технические характеристики забойных конвейеров [1]**

Наименование показателей	Значение для типа конвейера						
	КСД26В	Рыбник	КСД27	СПЦ230	Острой	Рыбник	Хальбах Браун
		225/750			DN 730		
	Украина	Польша	Украина	Украина	Чехия	Польша	Германия
Производительность, т/мин	10	10	14	15	13,3	18	13,4
Длина конвейера, м, до	300	300	300	310	200	300	250
Номинальная мощность электродвигателей, кВт	1x55/160 1x65/200	2x55/160	2x65/200	4x110 4x132 3x160	2-3x160	2x65/200	2x65/200
Число и расположение	2 центр. — разнесен.	2 центр.	2 центр. — разнесен.	2 центр. — разнесен.	2 центр.	2 центр.	2 центр.
Калибр цепи	26x92	26x92	30x108	34x126	30x108	30x108	30x108
Высота боковины рештака, мм	228	225	255	305	255	255	227
Ширина рештака по боковинам, мм	642	750	754	800	742	842	732
Толщина среднего листа, мм	30	26	30	—	32	34	30
Скорость движения тягового органа, м/с							
– рабочая	1,04	1,02	1,05	1,17	0,87	1,12	0,96
– маневровая	0,346	0,34	0,35	0,39	—	0,37	0,32
Средний ресурс рештачного става	1,75	1,5	3	2	2	—	—



**Рис. 1. Комбайн очистной K800/3300В**

ветствующих санитарным нормам условий работы обслуживающего персонала. Именно таким принципиальным подходом руководствуются при создании горно-шахтного оборудования для комплексной механизации шахт [1]. Ниже в табл. 1—3 приведены основные технические характеристики горно-шахтного оборудования, применяемого на действующих шахтах.

Научно-исследовательские работы, проводимые в компании «Объединенные машиностроительные технологии» (ОМТ), позволили создать современный не уступающий зарубежным аналогам очистной механизированный комплекс (ОМК) КМ ОМТ01С.

В состав очистного комбайнового комплекса КМ ОМТ01С входят:

- крепь механизированная 2ОМТ01С, оснащенная системой электрогидравлического автоматизированного управления крепью SEGU-A с использованием блоков управления SEU-ONE12 (фирма ONE-Technology);
- очистной комбайн К800/3300;
- скребковый конвейер типа СПЦ 230—12;
- перегружатель скребковый типа СПЦ 230-81 с ударно-валковой дробилкой СК 11-11;
- устройство согласования с ленточным конвейером типа «Матильда»;
- комплект электрооборудования комплекса фирмы Hamacher.

#### **Краткая характеристика очистного оборудования комплекса КМ ОМТ01С**

**Комбайн очистной.** В настоящее время все большее распространение получают двухшнековые комбайны симметричной модульной компоновки со шнеками, вынесенными за корпус комбайна по его длине, что делает возможной их работу по челночной схеме с зарубкой косыми заездами, а

мощные регулируемые электроприводы механизмов подачи и резания обеспечивают высокую интенсивность выемки со скоростью подачи до 10–45 м/мин. Мощность двигателя привода резания в зависимости от типоразмера и компоновки комбайна изменяется от 75 кВт до 600 кВт, а привода подачи — от 10 кВт до 75–125 кВт с установленной мощностью на комбайн от 85 кВт до 1940 кВт и более [2].

Комбайн очистной К800/3300 предназначен для добычи пластовых полезных ископаемых (угля или горной массы) в составе очистных комплексов оборудования в лавах с вынимаемой мощностью пласта от 1,7 до 3,0 м и углами наклона 0° — 35° вдоль лавы и 0°–10° вдоль столба по падению и восстанию пласта. На рис. 1 представлен общий вид комбайна.

В состав электрооборудования комбайна входят следующие узлы и устройства:

1. Модуль электроаппаратуры высокого напряжения типа МАН-3300 взрывозащищенного исполнения, оснащенный электроаппаратурой, обеспечивающей безопасное питание всех элементов электрооборудования комбайна напряжением 3х3,3кВ и 1х230В;

2. Модуль трансформатора типа МТ-200, содержащий трехфазный трансформатор с коэффициентом трансформации 3х3,3кВ/3х0,66кВ и мощностью 200 кВА, предназначенный для питания напряжением 3х660В преобразователей частоты, установленных в модуле преобразователя типа МР-200 и электродвигателя насоса гидравлической системы комбайна;

3. Модуль преобразователя частоты типа МР-200;

4. Модуль электроаппаратуры низкого напряжения типа МАНН-660,

содержащий контактор и защитную аппаратуру питания двигателя насоса гидравлической системы, центральный контроллер комбайна, компьютер с монитором б», аппаратуру защиты и питания узлов комбайна;

5. Два электродвигателя номинальной мощностью 400 кВт и номинальным напряжением 3х3,3 кВ для привода исполнительных органов;

6. Два электродвигателя номинальной мощностью 80 кВт, приводимые от преобразователей частоты для привода подачи комбайна;

7. Двигатель привода насоса гидравлической системы комбайна мощностью 15 кВт и номинальным напряжением 3х660В.

#### **Краткая характеристика очистного оборудования комплекса КМ ОМТ01С**

**Комбайн очистной.** В настоящее время все большее распространение получают двухшнековые комбайны симметричной модульной компоновки со шнеками, вынесенными за корпус комбайна по его длине, что делает возможной их работу по челночной схеме с зарубкой косыми заездами, а мощные регулируемые электроприводы механизмов подачи и резания обеспечивают высокую интенсивность выемки со скоростью подачи до 10–45 м/мин. Мощность двигателя привода резания в зависимости от типоразмера и компоновки комбайна изменяется от 75 кВт до 600 кВт, а привода подачи — от 10 кВт до 75–125 кВт с установленной мощностью на комбайн от 85 кВт до 1940 кВт и более [2].

Комбайн очистной К800/3300 предназначен для добычи пластовых полезных ископаемых (угля или горной массы) в составе очистных комплексов оборудования в лавах с вынимаемой мощностью пласта от 1,7

до 3,0 м и углами наклона 0° — 35° вдоль лавы и 0° -10° вдоль столба по падению и восстанию пласта. На (рис. 1) представлен общий вид комбайна.

В состав электрооборудования комбайна входят следующие узлы и устройства:

1. Модуль электроаппаратуры высокого напряжения типа МАВН-3300 взрывозащищенного исполнения, оснащенный электроаппаратурой, обеспечивающей безопасное питание всех элементов электрооборудования комбайна напряжением 3х3,3кВ и 1х230В;

2. Модуль трансформатора типа МТ-200, содержащий трехфазный трансформатор с коэффициентом трансформации 3х3,3кВ/3х0,66кВ и мощностью 200 кВА, предназначенный для питания напряжением 3х660В преобразователей частоты, установленных в модуле преобразователя типа МР-200 и электродвигателя насоса гидравлической системы комбайна;

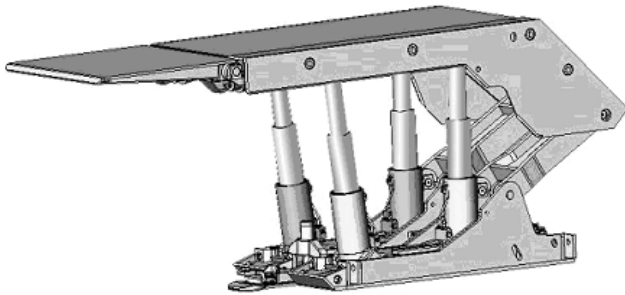
3. Модуль преобразователя частоты типа МР-200;

4. Модуль электроаппаратуры низкого напряжения типа МАНН-660, содержащий контактор и защитную аппаратуру питания двигателя насоса гидравлической системы, центральный контроллер комбайна, компьютер с монитором б», аппаратуру защиты и питания узлов комбайна;

5. Два электродвигателя номинальной мощностью 400 кВт и номинальным напряжением 3х3,3 кВ для привода исполнительных органов;

6. Два электродвигателя номинальной мощностью 80 кВт, приводимые от преобразователей частоты для привода подачи комбайна;

7. Двигатель привода насоса гидравлической системы комбайна мощностью 15 кВт и номинальным напряжением 3х660В.



**Рис. 2. Секция крепи 2OMT01C**

Для рассматриваемого типа комбайна характерны следующие особенности:

1. Мультимикропроцессорная обслуживаемая аппаратура управления, разработанная и изготавливаемая на основе оборонных технологий. Оригинальный гибкий и легко адаптируемый алгоритм управления.

2. Разработана оригинальная конструкция быстрооткрываемой крышки для взрывонепроницаемого корпуса устройства управления. Минимальное количество деталей в конструкции.

3. Наличие в аппаратуре управления постоянного объективного контроля функционирования оборудования комбайна. Предупредительное информирование оператора о нештатном функционировании оборудования комбайна, запись и хранение информации в устройстве типа «черный ящик» об аварийных ситуациях в системе электрооборудования и несанкционированных действиях обслуживающего персонала с привязкой по времени и дате.

4. Минимальное количество электротехнических коммутационных аппаратов в устройстве управления. Снижено количество проводов в устройстве управления в 2-3 раза, исключены промежуточные реле.

5. Конструкция взрывонепроницаемого корпуса устройства управления и «универсальная» аппаратура управления позволяют в дальнейшем создавать в данном корпусе устройство управления для более мощных комбайнов аналогичного типа без повторных сертификационных испытаний корпуса.

6. Применение компактных блоков искробезопасных электрогидравлических распределителей клапанного типа от прямого гидравлического потока позволило существенно снизить аппаратный объем гидравлической системы.

7. Применение оригинальной компоновки комбайна позволило уменьшить геометрические размеры машины при достаточной энерговооруженности, повысить устойчивость машины при обработке забоя.

**Крепь.** В состав крепи механизированной входят следующие механизмы и оборудование:

— секции крепи, устанавливаемые в линейной части лавы и в зоне присоединения к переходному рештаку конвейера возле концевой привода конвейера;

— одна секция, устанавливаемая в линейной части лавы в зоне присоединения к переходной раме головного привода конвейера;

— три секции крепи штрековые, соединенные с рамами головного привода конвейера и установлены в конвейерном штреке.

— гидродомкраты конвейера, монтируемые на завальных бортах конвейера;

— гидрооборудование с комплектом насосной системы ЕНР-ЗК;



— пылеподавление с оросительными устройствами на всех секциях крепи.

Механизированная крепь оснащена системой автоматизированного управления SEGU-A со средствами электрогидравлического пооперационного и автоматизированного, а также ручного кнопочного управления непосредственным нажатием на кнопки электромагнитов блока электрогидравлического управления на передвигаемой секции.

Система электрогидравлического управления SEGU-A, примененная в крепи, позволяет в режиме ручного или автоматизированного управления производить последовательную передвижку конвейера «бегущей волной» с интервалом времени включения последующего домкрата на передвижку не более, чем через 2 сек.

Забойный конвейер. Забойный конвейер является остовом комплекса. Через него замыкаются все кинематические связи, обеспечивающие направленность циклических перемещений выемочной машины, секций лавной крепи и крепи сопряжений, штрекового оборудования. Они являются важнейшей составной частью очистных комплексов, способных обеспечить техническое перевооружение шахт и ощутимо поднять уровень добычи угля. Высокоэнерговооруженные (400–700 кВт), высоконадежные скребковые конвейеры с ресурсом 2,5–5,0 млн т. горной массы, способные обеспечить переход на отработку пластов лавами длиной 250–350 м и протяженностью выемочных столбов 2–2,5 км. Это позволит в 1,5–2 раза сократить объемы проходки и снизить издержки от концевых операций на 1 т добываемого угля, в 3–5 раз уменьшить простой комплексов при их ремонтах [2].

Система управления. Чем выше интенсивность очистных работ, тем большую роль для эффективной и устойчивой работы ОМК играют системы управления выемочными машинами, конвейером, механизированной крепью и комплексом в целом.

Современные цифровые программируемые системы автоматизации предусматривают контроль технического состояния и режимов работы всех механизмов, оборудования и систем ОМК с выводом необходимой информации, в том числе визуального отображения, операторам машин и диспетчеру, а также выбор режимов работы с пульта управления и введение ограничений, переход в случае необходимости с автоматического на дистанционное или ручное управление. Управление работой ОМК может быть выведено на поверхность на центральный пульт диспетчера [2].

На рис. 3 приведена функциональная схема управления лавой.

К достоинствам рассматриваемой схемы управления относятся:

1. Возможность интегрирования в любую автоматизированную систему управления технологическим процессом добычного участка.

2. Возможность локальной адаптации алгоритма к различающимся по условиям участка лавы.

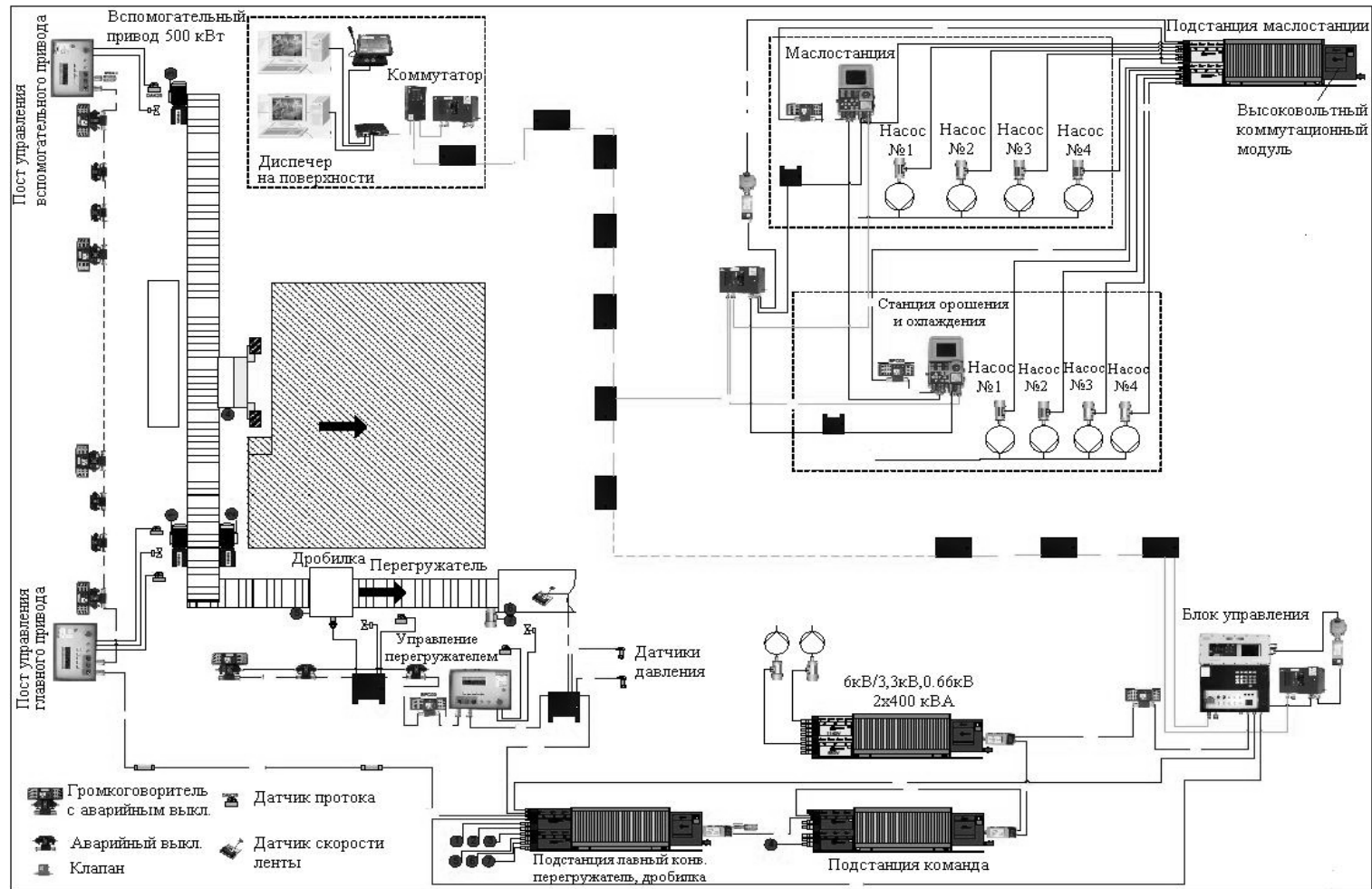
3. До 8 аналоговых датчиков на секции (давления, перемещения углов).

4. До 64 программируемых по желанию заказчиков команд на пульт управления секции.

5. До 16 (или 32) команд на локальный пульт управления секции.

6. Постоянная самодиагностика аппаратуры и кабельных соединений с локализацией места и типа повреждений.

7. Сохранение управляемости при повреждениях аппаратуры и кабельных соединений.



**Рис. 3. Схема управления лавой**

8. Возможность увеличения электрогидроопераций с 16 до 32.

9. Отсутствие ограничений на длину лавы.

10. Отсутствие необходимости наладки, регулировки и технического обслуживания аппаратуры.

Несмотря на высокую степень автоматизации электро — и гидрооборудования современных очистных механизированных комплексов, существует нерешённые задачи по автоматизации этого оборудования.

#### **Задачи автоматизации**

Режим работы комбайна является нестационарным, который характеризуется частыми пусками и остановками. Частые пуски ухудшают тепловой режим работы электродвигателей, ресурс которых составляет не большой промежуток времени. Таким образом, электродвигатель является одним из элементов, лимитирующих ресурс комбайна. Частые пуски влияют также на ресурс механической системы комбайна — в трансмиссии возникают значительные пусковые моменты, в 3-3,5 раза превышающие номинальные, что приводит к излому и выкрашиванию зубьев, выходу из строя подшипников, нарушению нормальной работы гидросистемы. Большие пусковые токи приводят к существенному снижению напряжения линии, что значительно усложняет пуск электродвигателя и может привести к ложному срабатыванию защиты, которая отключит исправное оборудование. Решением данных проблем может служить оснащение привода исполнительного органа частотным преобразователем (ПЧ), позволяющим обеспечить плавный пуск.

Применение ПЧ позволяет также обеспечить регулирование скорости органа резанья и её согласование со

скоростью подачи. Это позволит обеспечить режим, соответствующий минимальной энергоёмкости комбайна и приведет к максимальной производительности, наилучшей сортности угля и наименьшему износу деталей и узлов машины.

Однако современные исполнительные органы комбайнов оснащаются приводами большой мощности, что в подземных условиях шахт затрудняет оснащение данных приводов частотным управлением. Связано это с большими габаритами преобразователей частоты, а также с отсутствием на рынке преобразователей частоты, которые удовлетворяли бы эксплуатационным требованиям, а также требованиям техники безопасности в условиях шахт и рудников.

Другой задачей является наблюдение за пространственным положением комбайна. Необходимость такого контроля возникает для предотвращения его неправильной работы, а также аварийных ситуаций, связанных с завалом комбайна из-за неровности поверхности забоя. Одним из вариантов решения данной проблемы может быть установка датчиков положения (углов наклона корпуса комбайна в двух плоскостях), используемых в авиационной промышленности, после их адаптации для условий работы в подземных горных выработках.

Важной задачей является диагностический контроль, причем система автоматического управления комплексом должна не только получать информацию о тех или иных параметрах, но и наблюдать за тенденцией отклонения величины параметра от заданного значения и предупреждать персонал о вероятностном выходе из строя того или иного элемента. При этом значительно повысится надеж-

ность системы в целом, снизится время простоя оборудования, возрастет безопасность обслуживающего персонала. Кроме того, система диагностики решает проблему управления персоналом. Система собирает информацию, обрабатывает ее и выдает результат, на основании которого руководитель даёт задание рабочей бригаде на замену элемента.

В дополнение к сказанному необходимо отметить, что существует вероятность отказа оборудования из-за неисправности канала управления, залипания или сваривания контактов и т.п. Поэтому предлагается дублировать каналы, по которым поступают сигналы управления, радиоканалом управления. Введение радиоканала управления позволит значительно повысить безопасность работ в забое и обеспечить сохранность дорогостоящего оборудования. Однако здесь возникает проблема ограниченности радиуса действия радиопультов управления (он составляет около 15 метров). При дальнейшем его увели-

чении в условиях подземных горных выработок, увеличиваются помехи и время реагирования управляемого оборудования на команды с пульта управления.

Решение поставленных задач по автоматизации комплекса для ведения очистных работ позволит получить существенный положительный экономический эффект за счёт увеличения производительности работы комплекса, снижения расхода материалов, сокращения обслуживающего персонала и повышения безопасности ведения горных работ.

Степень автоматизации горных работ существенно сказывается на аварийности. Добывающие компании должны пересмотреть подход к добыче угля, отталкиваясь не от максимальной производительности, а от сведения к минимуму числа жертв среди рабочего персонала. Ведь в условиях ближайшего дефицита квалифицированной рабочей силы, вопрос о ее сохранении становится выше вопроса получения максимальной прибыли.

Авторы статьи выражают благодарность Е.С. Виленкину, В.Т. Порхомчуку, В.И. Чуденкову за оказанную помощь при написании статьи.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://library.stroit.ru/articles/comptech/index.html>.
2. <http://library.stroit.ru/articles/mechcomp/index.html>.
3. Глушко В.В. Характеристики режимов работы горных машин и их автоматическое управление. — М.: Недра, 1975, с. 241.
4. Красников Ю.Д., Солод С.В., Топорков А.А. Повышение надежности функционирования забоев угольных шахт. — М.: Недра, 1993, с. 176.
5. Батицкий В.А., Куроедов В.И., Рыжков А.А. Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в горной промышленности. — М.: Недра, 1993, с. 303. **ГИАЗ**

---

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Афоничев Евгений Викторович — студент, [sk\\_af\\_John\\_vr@mail.ru](mailto:sk_af_John_vr@mail.ru),  
Голосенко Сергей Викторович — студент, [normsergey@yandex.ru](mailto:normsergey@yandex.ru),  
Крючков Александр Александрович — студент, [sox\\_007@mail.ru](mailto:sox_007@mail.ru),  
Шевырев Юрий Вадимович — доктор технических наук, профессор, [uvshev@yandex.ru](mailto:uvshev@yandex.ru),  
Московский государственный горный университет, [ud@msmu.ru](mailto:ud@msmu.ru).