

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский горный университет»

*На правах рукописи*

**НГУЕН КХАК ЛИНЬ**



**ОБОСНОВАНИЕ СХЕМНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ  
ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ШНЕКОВОГО  
ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА**

Специальность 05.05.06 – Горные машины

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой

степени кандидата технических наук

Научный руководитель  
доктор технических наук,  
профессор  
Габов Виктор Васильевич

Санкт-Петербург – 2020

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ МЕХАНИЗАЦИИ ОЧИСТНЫХ РАБОТ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	12
1.1 Анализ этапов развития механизации очистных работ .....	12
1.2 Состояние и перспективы использования очистных механизированных комплексов на шахтах Вьетнама .....	16
1.3 Особенности современных компоновок и технологий работы очистных комбайнов в КМОЗ угольных шахт .....	21
1.4 Анализ погрузочных устройств очистных комбайнов и процессов погрузки угля на конвейер.....	26
1.4.1 Общие сведения о погрузочных устройствах и требования к ним.....	26
1.4.2 Анализ погрузочных органов и процесса погрузки угля очистным комбайном на забойный конвейер.....	29
1.4.3 Анализ процесса погрузки угля на конвейер шнековым исполнительным органом.....	33
1.5 Выводы по главе 1.....	37
ГЛАВА 2 ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ ПОГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ И ПРОЦЕССА ПОГРУЗКИ УГЛЯ НА ЗАБОЙНЫЙ КОНВЕЙЕР. 40	
2.1 Особенности объекта и предмета исследований .....	40
2.2 Исследование процесса погрузки угля на конвейер шнековыми исполнительными органами очистного комбайна.....	42
2.2.1 Процесс отделения угля от массива .....	44
2.2.2 Движение разрушенной массы в межлопастном пространстве шнека .....	46
2.2.3 Пассивное перемещение разрушенной массы .....	47
2.2.4 Формирование потока груза на конвейере .....	48
2.3 Процесс формирования потока угля на выходе отстающего шнека очистного комбайна.....	49

2.4 Закономерности влияния формы и размеров погрузочного окна на эффективность процесса погрузки угля на конвейер.....	52
2.5 Выводы по главе 2.....	57
ГЛАВА 3 УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫГРУЗКИ УГЛЯ ИЗ ЗОНЫ РАЗРУШЕНИЯ И ПОГРУЗКИ ЕГО НА КОНВЕЙЕР ОТ ПАРАМЕТРОВ ОКНА ПОГРУЗКИ.....	58
3.1 Циркуляция угля в межлопастном пространстве шнекового исполнительного органа.....	58
3.2 Циркуляция угля в пространстве между шнеком и бортом конвейера.....	63
3.3 Способ расчета производительности отстающего шнека по погрузке.....	67
3.4 Влияние структуры и параметров погрузочно-транспортирующих устройств очистного комбайна на эффективность погрузки угля.....	69
3.5 Влияние параметров забойного конвейера на эффективность процесса пассивной погрузки.....	73
3.6 Влияние угла подъема лопастей шнека на интенсивность погрузки угля на конвейер.....	76
3.6.1 Моделирование процесса перемещения угля в межлопастном пространстве шнека.....	76
3.6.2 Результаты и обсуждение.....	81
3.7 Выводы по главе 3.....	84
ГЛАВА 4 ОБОСНОВАНИЕ СХЕМНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПОГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ШНЕКОВЫХ ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ.....	86
4.1 Рациональные параметры погрузочного окна.....	86
4.2 Обоснование структуры и параметров погрузочных устройств.....	89
4.2.1 Погрузочный щиток с лемехом выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом.....	90
4.2.2 Погрузочное устройство выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом.....	91

4.2.3 Погрузочный лемех выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом .....	93
4.3 Обоснование рациональных структуры и параметров забойного скребкового конвейера.....	96
4.4 Оценка эффективности предложенных технических решений.....	98
4.5 Выводы по главе 4.....	101
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	103
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	105
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Патент на полезную модель «Исполнительный орган очистного комбайна» .....	118
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Патент на полезную модель «Погрузочный щиток с лемехом выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом».....	126
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Патент на полезную модель «Погрузочное устройство выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом».....	133
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Патент на полезную модель «Погрузочный лемех» .....	141
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Патент на изобретение «Забойный скребковый конвейер»..	151
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Патент на полезную модель «Исполнительный орган очистного комбайна» .....	159

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность темы исследования**

Каменный уголь наряду с нефтью и газом является важнейшим сырьем для энергической, металлургической и химической отраслей промышленности, определяющих обеспеченность, самостоятельность и безопасность существования государств. Планом развития народного хозяйства Вьетнама предусмотрено довести добычу угля к 2030 году до 75 млн. т в год, из них около 80 % подземным способом.

Отработка высокотехнологичных угольных пластов в промышленно развитых странах осуществляется преимущественно длинными комплексно-механизированными очистными забоями (МКОЗ), оснащенными комплексами со шнековыми очистными комбайнами. Такие комбайны технологичны, высоко производительны, а их шнековые исполнительные органы отличаются простотой конструкции, надёжностью функционирования, совмещением операций отделения угля от массива, выгрузки его из зоны разрушения и погрузки на забойный конвейер. По эффективности процесса добычи на пластах средней мощности и мощных им в настоящее время нет альтернативы.

Однако шнековым исполнительным органам свойственны существенно значимые недостатки: при погрузке уголь попутно ими переизмельчается, повышается удельный расход энергии, а неудовлетворительная зачистка почвы в забое в процессе погрузки приводит к снижению производительности комбайна по добыче.

**Степень разработанности темы исследования.** Совершенствованием процесса погрузки отбитого угля на конвейер, схемных и конструктивных технических решений комбайнов и их исполнительных органов занимались многие ученые и конструкторы. Признание и известность получили исследования К. Н. Беликова, Л. В. Больманта, Л. Д. Борисенко, К. Ф. Вороновского, З. З. Кальмановича, В. И. Кутова, В. В. Модина, И. Д. Пшеничного, М. Т. Тагирова, В. Н. Вернера. Ими были разработаны

теоретические основы процессов функционирования очистных комбайнов (ОК) со шнековыми исполнительными органами (ШИО), обоснована методология выбора их конструктивных и режимных параметров, на основе которой разработаны государственные и отраслевые стандарты и другие нормативные материалы, действующие до настоящего времени.

Однако до настоящего времени не полностью решен вопрос выявления и теоретического обоснования оценочных зависимостей выполнения шнековыми исполнительными органами вспомогательных функций, таких как погрузка горной массы на забойный конвейер при сохранении сортности угля, что требует проведения дополнительных теоретических и экспериментальных исследований.

### **Цель исследования**

Выявление зависимости показателей эффективности процесса погрузки отбитой массы угля на забойный конвейер шнековым очистным комбайном от структуры и параметров основных и вспомогательных погрузочных устройств в сопряжённых пространственных зонах погрузки для разработки научно-обоснованных схемных и конструктивных их технических решений, обеспечивающих повышение производительности, снижение сопротивления перемещению угольной массы, измельчения угля при снижении удельных энергозатрат.

**Идея исследования** заключается в повышении эффективности удаления разрушенной массы угля шнековыми исполнительными органами очистного комбайна из зоны разрушения на забойный конвейер путем согласования структуры, геометрических параметров основных и вспомогательных погрузочных устройств, и размеров канала погрузки на основе закономерностей движения грузопотоков в зоне погрузки.

### **Задачи исследований:**

1. Обобщение и анализ теоретических и экспериментальных исследований по теме диссертации.
2. Установление закономерностей процесса погрузки угля на конвейер

отстающим ШИО.

3. Синтез базовых и вспомогательных схемных и конструктивных технических решений погрузочных устройств шнекового очистного комбайна.

4. Обоснование параметров и режимов работы погрузочных устройств шнекового очистного комбайна.

#### **Научная новизна исследований:**

1. Установлены зависимости показателей интенсивности процессов в каждой из сопряженных пространственных зон от геометрических и кинематических параметров погрузочных устройств, определяющих процесс в каждой отдельной зоне, при условии равенства значений параметров потоков на границах сопряженных зон общего процесса выгрузки угольной массы шнековым исполнительным органом комбайна на забойный конвейер.

2. Экспериментально установлены две стадии процесса внедрения в штабель угля фронтального лемеха конвейера при его перемещении к забою с постоянной скоростью:

– в первой стадии, форма сечения штабеля угля в которой соответствует призме оползня, усилие, действующее на конвейер, прямо пропорционально его перемещению;

– во второй стадии, форма сечения штабеля угля в которой соответствует призме выжима и образованию в нём уплотненного ядра, сопротивление перемещению конвейера к забою с постоянной скоростью нелинейно возрастают вследствие дополнительного сопротивления образующегося ядра уплотнения.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы:**

1. Предложено оценивать влияние основных факторов на процесс погрузки угля шнековым исполнительным органом комбайна на конвейер дифференцированно, по пространственным зонам: в зоне отделения угля резцами от массива, в зонах активного и пассивного транспортирования, в зоне погрузки разрушенной горной массы на забойный конвейер, что повышает

обоснованность и точность описания процессов и оценки степени их влияния на эффективность процесса погрузки угля в целом.

2. Обоснованы структура и параметры комплексного технического решения погрузочно-транспортирующих устройств шнекового очистного комбайна, обеспечивающих увеличение производительности, снижение интенсивности дробления угля и удельного расхода энергии.

3. Предложены технические решения структурных элементов единого комплексного погрузочно-транспортирующего устройства очистного комбайна, сопряженных друг с другом в зоне погрузки, включающих щиток, лемех, линейный рештак скребкового забойного конвейера, обеспечивающих увеличение максимальной производительности шнекового исполнительного органа по погрузке на забойный конвейер в 1,6 - 3,4 раза со снижением удельного расхода энергии в 1,5 - 3,4 раза в зависимости от используемого технического решения. Разработанные технические решения защищены как объекты интеллектуальной собственности в виде патентов на полезную модель.

### **Методология и методы исследования**

Принят комплексный метод исследований, включающий научный анализ и обобщение результатов исследований, теоретические исследования, компьютерное моделирование и синтез эффективных схемных и конструктивных технических решений погрузочных устройств шнековых очистных комбайнов.

### **Соответствие паспорту специальности**

Тема исследования соответствует п.3 «Обоснование и оптимизация параметров и режимов работы машин и оборудования и их элементов», п.4 «Обоснование и выбор конструктивных и схемных решений машин и оборудования во взаимосвязи с горнотехническими условиями, эргономическими и экологическими требованиями» области исследований паспорта специальности 05.05.06 - Горные машины.

### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено наличие в общем процессе погрузки отбитого угля на конвейер составляющих его процессов в сопряженных пространственных зонах: в зоне взаимодействия резцов с массивом, в зоне транспортирования угля в межлопастном пространстве шнека, в зоне пассивного перемещения разрушенной массы от шнека до конвейера и в зоне формирования потока груза на конвейере, в каждой из которых процессы описываются соответствующими их физико-механической сущности уравнениями, при этом структуру и параметры погрузочных устройств шнековых очистных комбайнов следует определять, дифференцированно, с учетом закономерностей протекания процессов в сопряженных пространственных зонах.

2. Результаты моделирования процесса погрузки с учетом параметров очистного комбайна, угольной массы, предлагаемых схемных и конструктивных технических решений погрузочных устройств и забойного конвейера, подтверждают повышение производительности по погрузке угля в диапазоне от 1,6 до 3,4 раза и снижение удельного расхода при погрузке угля комбайном в диапазоне от 1,5 до 3,4 раза в зависимости от используемых технических решений в сопряженных пространственных зонах процесса погрузки.

### **Степень достоверности и апробация результатов работы**

Степень достоверности полученных результатов определяется корректно поставленной задачей данной научной работы, значительным количеством статистических данных, обработанных на базе апробированного математического инструментария, наличием теоретического обоснования, базирующегося на достоверных и проверяемых фактах, и хорошо согласующегося с экспериментальными данными, полученными в ходе производственных наблюдений, а также подтверждается удовлетворительной сходимостью результатов моделирования с результатами реальных процессов,

описанных в научной литературе и наблюдаемых в производстве.

Основные положения работы, результаты теоретических и экспериментальных исследований докладывались и получили положительную оценку на следующих международных конференциях: Международная научно-практическая конференция «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики» (г. Санкт-Петербург, 2017 г.); Международная конференция «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2018» (г. Санкт-Петербург, 2018 г.); Earth sciences and natural resources for sustainable development: ERSD-2018 (г. Ha Noi, Viet Nam 2018 г.); XVII Международная научно-техническая конференция «Чтения памяти В.Р. Кубачека» (г. Екатеринбург, 2019 г.).

**Личный вклад соискателя** состоит в анализе основных факторов, влияющих на процесс погрузки угля на забойный конвейер; в установлении зависимости показателей эффективности процесса погрузки угля от геометрических, конструктивных и режимных параметров погрузочных устройств очистного комбайна; в обосновании методики выбора параметров исполнительного органа очистного комбайна для длинных очистных забоев при разработке пологих пластов средней мощности подземным способом; в разработке схемных и конструктивных решений вспомогательных погрузочных устройств очистных комбайнов; в создании интеллектуального продукта в виде опубликованных патентов и статей.

#### **Данные о публикациях автора**

По результатам исследования опубликовано 11 работ, в том числе 2 статьи в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее - Перечня ВАК), 9 - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования; получены 6 патентов на изобретения.

## **Структура и содержание**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и шести приложений. Материалы работы изложены на 167 страницах машинописного текста, в том числе содержат 6 таблиц, 49 рисунков. Список цитируемой литературы включает 108 источников.

# ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ МЕХАНИЗАЦИИ ОЧИСТНЫХ РАБОТ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

## 1.1 Анализ этапов развития механизации очистных работ

Каменный уголь является главным мировым энергоресурсом. На его долю приходится до 70 % всей производимой в мире энергии. Для сравнения, на долю нефти приходится 18 %, газа – 7 %, гидроэнергетики – 5 %.

Каменный уголь является сырьем для энергической, металлургической и химической отраслей промышленности, и в целом определяет обеспеченность, самостоятельность и безопасность существования государства в окружающем мире.

Развитие средств механизации горных работ в историческом аспекте сыграло существенную роль в становлении современного горного дела. Рассмотрим влияние развития средств механизации на производительность рабочего очистного забоя, так как между ними прослеживается явная взаимосвязь. Выделим характерные этапы (рисунок 1.1) и их особенности.

Первый этап развития средств механизации очистных работ, представленный кривой 1, отражает процесс отделения угля от массива буровзрывным способом, сменившим отбойку угля обушком и транспортирование угля вдоль забоя салазками, на более интенсивный буровзрывной, который уже был обеспечен созданием ручных и колонковых сверл для бурения шпуров и забойного разборного переносного конвейера (кривая 1). Созданные в это время врубовые машины подготовили переход на буровзрывной способ отбойки на врубовую щель (1930 – 1945 гг., кривая 2) и подтвердили возможность механического разрушения массива угольного пласта резанием.

Успешное использование врубовых машин повысило интенсивность отбойки, доказало возможность механического непрерывного разрушения угля резанием, создало предпосылки и подготовило переход на более интенсивную комбайновую широкозахватную технологию (кривая 3) очистных работ.

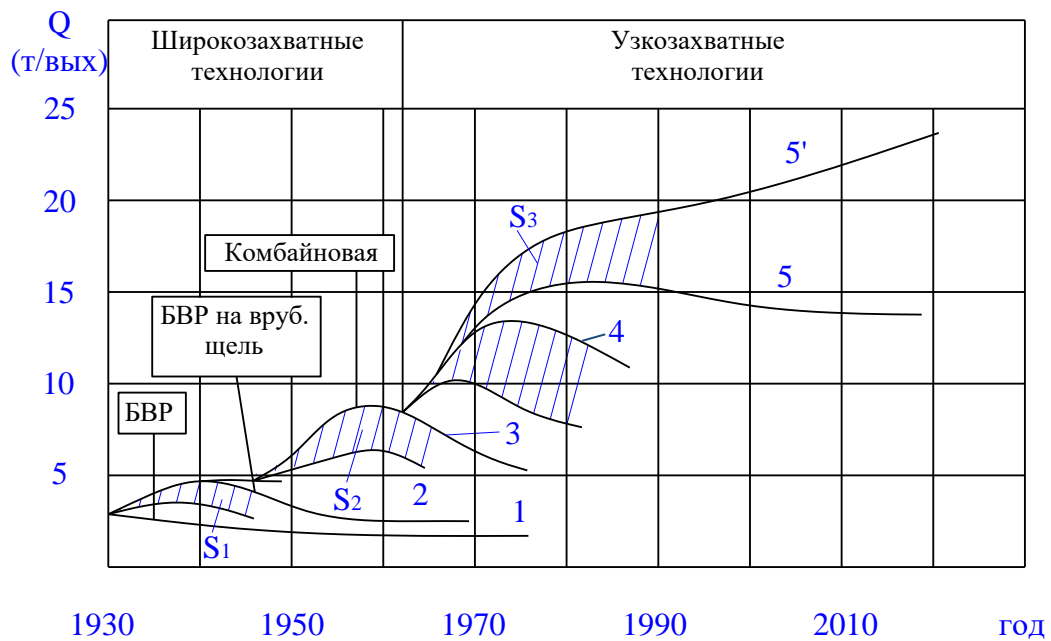


Рисунок 1.1 – Изменение производительности труда рабочего в очистном забое с развитием механизации очистных работ: кривая 1 – буровзрывной способ; кривая 2 – буровзрывной на врубовую щель, проводимую врубовой машиной; кривая 3 – широкозахватный комбайновый способ; кривая 4 – узкозахватный комбайновый способ; кривая 5 и 5' – комплексно-механизованная добыча угля в длинных очистных забоях узкозахватными комбайнами [74, 76]

В процессе активного использования широкозахватных комбайнов проявились факторы, ограничивающие их производительность: многооперационность и последовательность технологических процессов, трудоемкость установки лавной крепи и перенос с перемонтажом забойного конвейера в каждом цикле на новую «конвейерную дорожку», доставка материалов и оборудования в лаву. Необходимость комплексного решения, которое повышало бы эффективность всех основных и вспомогательных операций в очистном забое, становилась очевидной.

В результате был осуществлен переход на узкозахватную технологию с передвижным безразборным забойным конвейером (кривая 4), при этом проявилась жесткая необходимость в создании передвижных секций крепи, что

привело к созданию очистных комплексов оборудования и затем механизированных очистных комплексов (кривая 5-5').

Из рисунка 1.1 следует, что на каждом этапе появления новой техники производительность труда вначале сопровождалась быстрым ростом, затем замедлялась и, далее, снижалась, что свидетельствует о наличии общих закономерностей циклического развития сложных процессов. Последнее устойчивое длительно наблюдаемое увеличение производительности было обеспечено в конце 60-х – начале 70-х годов XX века внедрением щитовых гидрофицированных секций механизированной крепи (СМК). Существенный вклад в развитие СМК внесла отечественная школа горного дела и горного машиностроения. С каждым новым этапом развития техники очистных работ увеличивается производительность выемочных машин и нагрузка на очистные забои, что сопровождается ростом диапазона изменчивости ( $S_i$ ) и интенсивности процессов добычи ( $S_1 < S_2 < S_3$ ) при изменении условий эксплуатации и соответствующим снижением эффективности использования очистных комплексов.

В последнем десятилетии для добычи угля в угольных шахтах промышленно развитых стран преобладающее распространение получили очистные узкозахватные комбайны со шнековыми исполнительными органами. Шнековые исполнительные органы отличаются простотой конструкции и надёжностью функционирования, совмещенностью операций разрушения массива угля, выгрузки его из зоны разрушения и погрузки на конвейер. Однако, в последние годы возникли существенные противоречия в развитии процессов подземной добычи угля в комплексно-механизированных очистных забоях шахт: быстрый рост производительности комбайнов и объемов добычи – с одной стороны, и чрезмерный рост объемов мелких классов угля, до 40 % от объёма добычи, в получаемом продукте – с другой стороны.

Такое положение связано с недостаточной погрузочной способностью отстающих по ходу движения комбайна исполнительных органов вследствие ряда технико-технологических причин в том числе из-за малой площади

погрузочного окна, что ограничивает максимальную производительность комбайна и приводит к дополнительному измельчению угля в процессе погрузки его на конвейер в стеснённых условиях.

Эффективность погрузки угля исполнительными органами комбайнов на забойный конвейер в комплексно-механизированных очистных забоях (КМОЗ) ранее осуществлялась разными способами в зависимости от условий выемки угля: из тонких или мощных, пологих или наклонных пластов [86], при разработке длинными или короткими забоями. В данном случае исследуется процесс погрузки угля шнековыми исполнительными органами (ШИО) очистного комбайна на конвейер при разработке длинными очистными забоями мощных и средней мощности пологих пластов, в которых добывается основной объём угля, добываемого подземным способом.

В практике горного производства повышение эффективности рассматриваемых погрузочно-транспортирующих операций достигалось тремя разными способами: совершенствованием собственно шнековых рабочих органов выемочных машин, созданием вспомогательных средств зачистки почвы в виде поступательно перемещаемых за ШИО лемехов, и лемехов, агрегатированных с забойным конвейером.

С ростом интенсивности процесса добычи угля в КМОЗ, особенно при отработке высокотехнологичных угольных пластов, недостатки отстающих по направлению движения комбайна ШИО существенно ограничивают эффективность процесса погрузки. Происходит неполная погрузка разрушенной массы на забойный конвейер, дополнительное измельчение угля, образование в том числе мелкодисперсной летучей пыли, опасной по санитарным нормам и из-за возможности взрыва, и наблюдается повышенный удельный расход энергии в процессе погрузки. При этом неудовлетворительная зачистка почвы ведет к систематической недодвижке конвейера до расчетных значений ширины захвата и, следовательно, к снижению эксплуатационной нагрузки на забой. Недодвижка конвейера приводит к искривлению его рештачного става и линии забоя, что ухудшает

условия передвижки комплекса на следующий шаг выемки, снижает устойчивость процесса добычи. Поэтому исследования, направленные на совершенствование процесса погрузки угля на забойный конвейер ШИО очистных комбайнов являются в настоящее время актуальными.

## 1.2 Состояние и перспективы использования очистных механизированных комплексов на шахтах Вьетнама

Из письменных источников известно [104], что во Вьетнаме ещё в 1840 г. царь Минь Манг разрешил добывать уголь в провинции Донгчиеу в Куангнини на выходах угольных пластов на открытую поверхность. Промышленная добыча угля во Вьетнаме берет свое начало более чем 100 лет назад в Куангниньском угольном бассейне, балансовые запасы которого оцениваются в 3,6 млрд. т антрацита [14, 30].

Экономика топливно-энергетических ресурсов, в частности углей, во Вьетнаме в последние годы не улучшилась, а при использовании подземных методов разработки – ухудшилась из-за увеличения объёмов добычи угля в шахтах с более глубоких горизонтов и сокращения объёмов добычи угля открытым способом [14, 15, 30, 44].

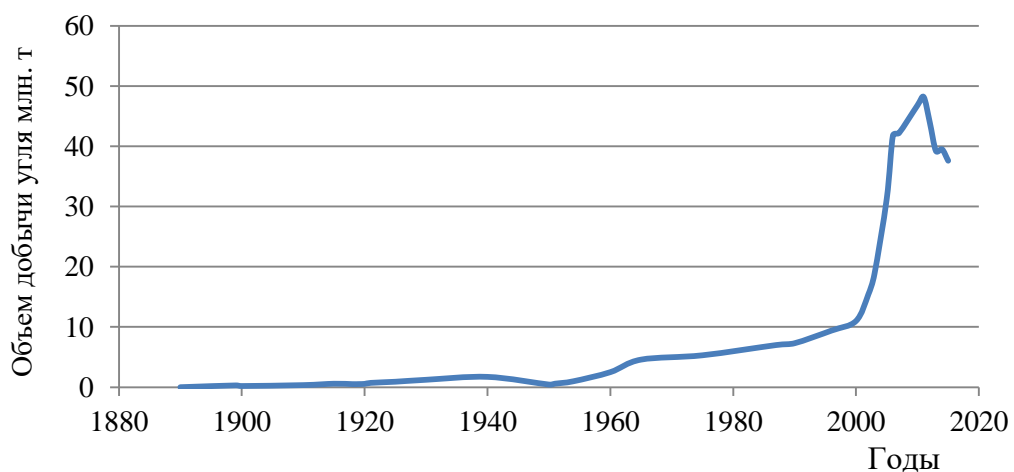


Рисунок 1.2 – Объем добычи фактической до 2015 г

До 1888 года все угольные рудники принадлежали французам. Добыча в 1890 г. (рисунок 1.2) составляла 2120 т. Но в 1930 году годовой объем добычи уже достигал 1,23 млн. т. В 1941-1951 годах добыча угля осуществлялась вьетнамскими предприятиями. К 1950 году добыча снизилась до 0,44 млн. т в

год, что было связано с военными действиями на территории Вьетнама. В период 1951-1988 годов интенсивность добычи угля возрастала и в 1987 достигла 7 млн. т в год.

С 1998 года шахты Вьетнама начали переходить на более интенсивные способы и технологии подземной добычи угля. В 2002 г. на нескольких угольных шахтах Вьетнама был осуществлен переход на механизированный способ добычи угля. Угольная компания Хечам ввела в эксплуатацию первую лаву с использованием комбайна с индивидуальной крепью. К 2007 году (рисунок 1.2) добыча увеличилась до 17 млн. т, а к 2010 году до 46,8 млн. т в год [17]. В настоящее время интенсивность добычи по ряду причин снизилась до 43 млн. т. В ближайшие годы открытая добыча угля будет снижаться в связи отработкой запасов. С углублением пластов происходит переход на отработку запасов подземным способом [14].

По планам развития угольной промышленности Вьетнама к 2020 году предусмотрено довести добычу угля (рисунок 1.4, кр.1) до 53 млн. т, а к 2030 году предполагается довести до 75 млн. т в год, при этом до 90 % угля предполагается добывать подземным способом [14, 15, 30, 44]. Данный результат планируется получить увеличением производительности труда с применением новых технологий и средств комплексной механизации очистных работ.

Однако весь этот прирост, отразившийся в стратегическом плане экономического развития Вьетнама, даже с учетом непрерывных инвестиций в отрасль, не в состоянии обеспечить потребности народного хозяйства страны, что вынуждает Вьетнам импортировать уголь из других стран [17, 28] (рисунок 1.3, кр. 3).

Повышение интенсивности добычи угля особенно важно для снижения импорта угля, что позволит снизить энергетическую зависимость от зарубежных стран. Повышение объемов добычи угля неизбежно приведет к интенсификации подземной добычи угля в шахтах. По результатам обследования запасов угля 447 млн. т из них пригодны для отработки

очистными механизированными комплексами [14, 28].

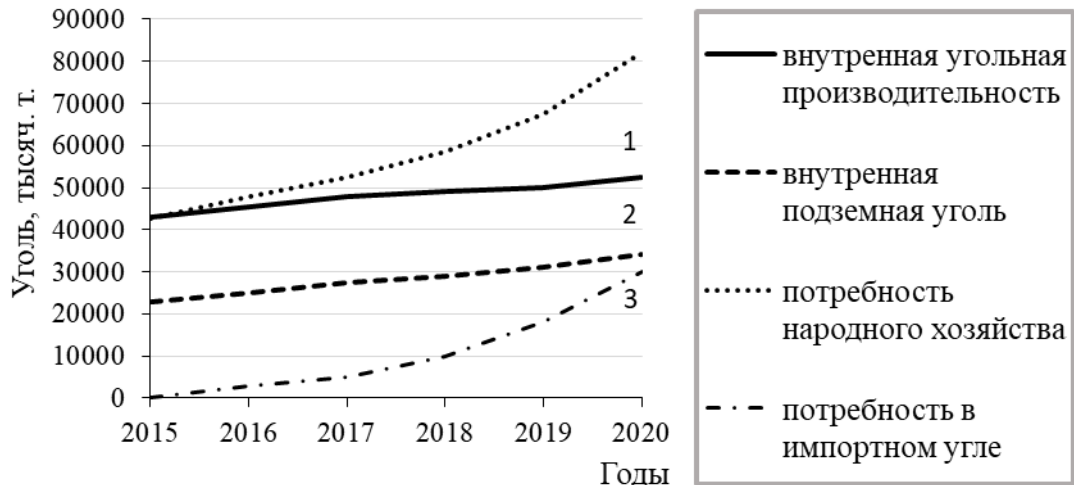


Рисунок 1.3 – График соотношения между производством и потреблением угля во Вьетнаме в период 2015-2020 гг. [14, 30]

На шахтах Вьетнама в настоящее время работает 11 очистных комбайнов с механизированной крепью в различных горно-геологических условиях (таблица 1.1). Однако сейчас в длинных очистных забоях работает только 6 очистных комплексов. Объемы добычи угля очистными механизированными комплексами за период 2008 – 6/2016 гг. представлены на рисунке 1.4.

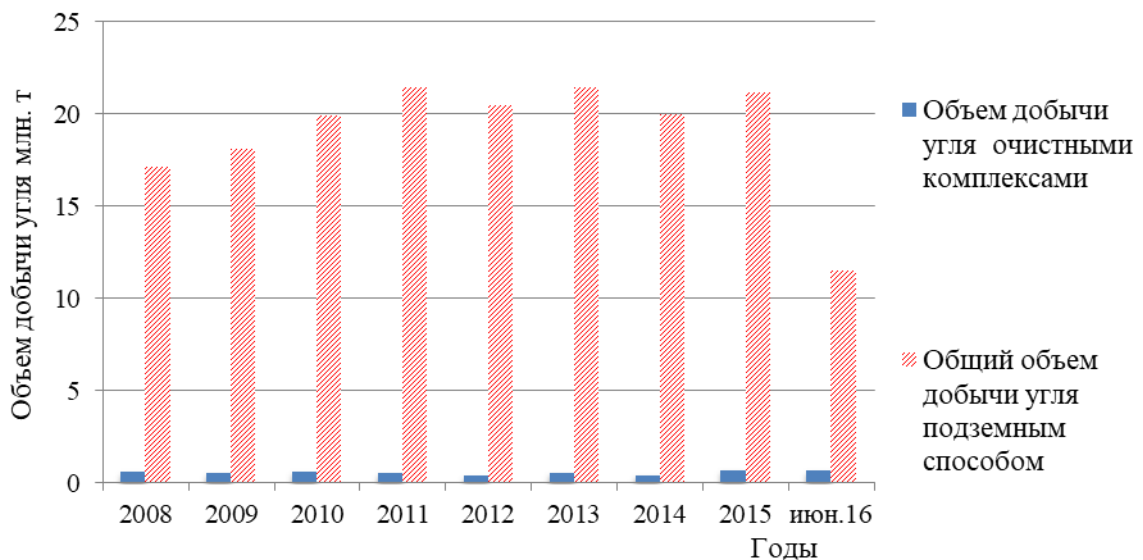


Рисунок 1.4 – Объемы добычи угля очистными комплексами за период 2008 – 6/2016 гг.

Мировой опыт свидетельствует о том, что при подземной разработке камерная система, ввиду необходимости оставления поддерживающих

целиков, обеспечивает выемку только 40 – 60 % всех запасов. То есть в проект заведомо закладываются значительные потери полезного ископаемого. Однако, камерная технология существенно упрощает подземную добычу угля, снижает затраты. Особенно это проявляется на пластах мощностью 1,5 м и более, делая добычу экономичнее и безопаснее. Производительность труда при этом может увеличиваться в 2 – 4 раза, однако все равно будет уступать КМОЗ в длинных забоях (лавах) по интенсивности добычи [15, 58] и полноте выемки угольных запасов.

Таблица 1.1 – Показатели работы МКОЗ за период 2005 – 6/2016 гг. [14]

№	показатели	Лава						
		Куангнань	Дыонгнуй	Хечам	Вангзань	Халам	Хечам	
1	Компания	Куангнань	Дыонгнуй	Хечам	Вангзань	Халам	Хечам	
2	Время применения	От 12/2015	От 11/2015	От 06/2005	От 12/2007 до 2015	От 04/2015	От 20/04/2016	
3	Мощность пласта, м	2,8	3,1	2,2	7,0	6,5	8	
4	Угол падения пластов, (градус)	15 <sup>0</sup>	16 <sup>0</sup>	15 <sup>0</sup>	16 <sup>0</sup>	10 <sup>0</sup>	15 <sup>0</sup>	
5	Длина лавы, м	120	100	132	120	110	130	
6	Выемочная машина	Комбайн MG-132/320 (КНР)	Комбайн MG300/700 (КНР)	Комбайн MG150/375 (КНР)	Комбайн MB12-2V2P/R- 450E (Чехия)	Комбайн MG 150/375W (КНР)	Комбайн MG 170/410WD (КНР)	
7	Механизированная крепь	ZQY3600/12/28 (КНР)	ZY3200/16/36 (КНР)	ZZ3200/16/26 (КНР)	Vinaalta (Вьетнам)	ZF4800 /18/28 (КНР)	ZFG 6200/17/30 (КНР)	
8	Конвейер	SGZ-630/2x110	SGZ730/2x110	SGZ630/2x110	DSS260/2x90	SGZ630/264	SGZ630/264	
9	Объема добычи угля, т.	2013	-	-	267534	205343	-	-
		2014	-	-	229558	123719	-	-
		2015	4424	23145	346258	25922	301045	-
		До 6/2016	59376	69103	116368	-	368287	30124

Сравнительный технико-экономический анализ показателей работы очистных забоев во Вьетнаме, с учетом безопасности применяемых технологий, говорит о том, что в механизированных лавах по сравнению с лавами с буровзрывной отбойкой:

- нагрузки на очистные забои увеличиваются в  $1,32 \div 3,17$  раза;
- производительность труда уменьшается в  $1,84 \div 4,0$  раза (оценка производилась по двум шахтам Хечам, Наммау, для которых прирост производительности труда в абсолютных единицах составил от 11,4 до 14,0 т/выход);
- удельная протяженность подготовительных выработок для очистных механизированных забоев уменьшается в  $0,44 \div 0,61$  раза (для тонких пластов крутого падения удельная протяженность выработок снизилась от 50 м / 1000 т до 6 м/1000 т угля);
- эксплуатационные потери угля снижаются с  $29 \div 35$  % до  $14,5 \div 19$  % (особенно для крутых пластов);
- условия труда улучшаются, объемы ручных работ сокращаются и безопасность работ повышается.

Современные технологии подземной разработки позволяют осуществлять выемку угля, практически не нарушая топографии и экологии земной поверхности. Для каменного угля подземный способ добычи является перспективным и в будущем во Вьетнаме ему не останется альтернативы, поскольку запасы, пригодные для открытой добычи, стремительно вырабатываются [73].

В настоящее время в процессах добычи угля в угольных шахтах преобладающее распространение получили очистные механизированные комплексы, которые включают механизированные крепи, забойные конвейеры и очистные комбайны со шнековыми исполнительными органами. Очистной комбайн выполняет ряд функций, включая механическое отделение угля от массива пласта и его последующее дробление, в результате которого размер кусков становится пригоден для транспортировки, и перегрузки

полученных кусков на забойный конвейер [25, 32, 41, 47, 49].

Однако в последние годы возникли существенные противоречия в развитии процессов подземной добычи угля в комплексно-механизированных очистных забоях: быстрый рост производительности комбайнов и объемов добычи – с одной стороны, и чрезмерный рост объемов мелких классов угля, до 40% от объёма добычи в получаемом продукте с интенсификацией пылеобразования в процессе добычи - с другой стороны.

Снижение качества угля по гранулометрическому составу определяет значительные потери от нереализованных возможностей, а интенсификация пылеобразования приводит к существенному росту затрат на выполнение мероприятий по подавлению и нейтрализации пыли.

Поэтому необходимо провести анализ развития средств комплексной механизации очистных работ, определения направлений их возможного перспективного развития и формирования требований к ним.

### **1.3 Особенности современных компоновок и технологий работы очистных комбайнов в КМОЗ угольных шахт**

Двухшнековые комбайны с симметричной модульной компоновкой и шнеками, вынесенными за корпус комбайна по его длине, сегодня получают все большее распространение [27, 38, 60, 62, 68]. Такая компоновка позволяет комбайну работать по челночной схеме с зарубкой косыми заездами, а электроприводы механизмов подачи и резания обеспечивают высокую интенсивность процесса выемки угля вследствие повышения их мощности.

В зависимости от типоразмера и компоновки комбайна мощность двигателей приводов резания составляет 110 - 1000 кВт, а привода подачи 15 - 75 (135) кВт с суммарной мощностью на комбайне доходящей до 1800 кВт и даже более (таблица 1.2). Высокий ресурс и надежная эксплуатация комбайнов обеспечивается современными автоматизированными системами диагностики и контроля. Наличие вариантов ручного, дистанционного и автоматического управления создает условия для эргономичной и безопасной работы [2, 31, 35, 37, 42].

Основной машиной современного механизированного комплекса является очистной комбайн (выемочная машина), который в основном определяет технически возможную производительность комплекса и обеспечивает экономические показатели процесса добычи, а также обеспечивает работу комбайна в различных режимах: тестовых, маневровых и в режимах добычи с регулируемой интенсивностью.

Таблица 1.2 – Технические характеристики очистных комбайнов зарубежных фирм

Комбайны	Область применения		Номинальный диаметр ИО $D$ , м	Ширина захвата $B_3$ , м	Скорости подачи м/мин	Тяговое усилие $Y_{т\ max}$ , кН	Суммарная мощность двигателей, кВт		Масса комбайна, т
	$H_{\min}$ - $H_{\max}$ , м	$A_p$ , Н/мм					комбайна	в т.ч. привода ИО	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Комбайны фирмы «Андерсон» (Англия)									
EL600	1,4-3,5	<400	1,1-2,2	0,8	20,0	600	869	572-900	50
EL1000	1,8-5,0	<400	1,4-2,5	0,8-1,2	25,0	900	1380	1200	75
EL3000	2,2-6,0	<400	1,9-2,5	0,8-1,2	45,0	1000	1940	1300-1700	100
Комбайны фирмы «Айкхофф» (Германия)									
SL300	1,5-3,5	<400	2,0-2,3	0,65-1,0	24,5	600	688	550-600	35
SL500	2,0-5,0	<400	2,3	0,75-1,0	28,0	1000	848	700	35
Комбайны фирмы «Джой» (США)									
4LS5	1,4-3,3	<400	1,425-1,83	0,69-1,02	20,0	535	695	600	40,4
6LS2	1,8-4,9	<400	1,83-2,44	0,76-1,02	21,3	535	1115	900	59
7LS3	1,4- 4,1	<400	1,42-1,83	0,88-1,22	20-28	572	992	810	56,7
Комбайны (КНР)									
MG250/600	1,6-3,6	<400	0,9	0,63	6,68	261	600	500	20
MG300/700	1,7-4,7	<400	1,6-2,24	0,63-0,8	12,0	580-350	700	600	50
MG400/920	2,5-4,9	<400	2,24-2,5	0,63, 0,8	13,3	660-395	920	800	65

Очистные комбайны предназначены для отделения полезного ископаемого (угля, соли, горного сланца) от горного массива, выгрузки разрушенной массы из зоны разрушения и погрузки ее на транспортное средство, как правило, на забойный скребковый конвейер [42, 51, 65].

Несмотря на разнообразие конструкций очистных комбайнов, все они включают в себя следующие основные функциональные элементы (рисунок 1.5): исполнительный орган 1; механизм подачи 4; привод, состоящий из одного или нескольких электродвигателей 3 и редукторов 2, опорно-направляющие устройства 6 и погрузочные щитки 5. Исполнительный орган осуществляет отделение угля от массива и, как правило, погрузку его на забойную транспортную машину. Механизм подачи обеспечивает перемещение комбайна вдоль линии очистного забоя или на забой с регулируемой. Привод преобразует и передает крутящий момент в направлении от двигателей на валы исполнительных органов и ведущую звездочку (или цевочное колесо) механизма подачи [50].

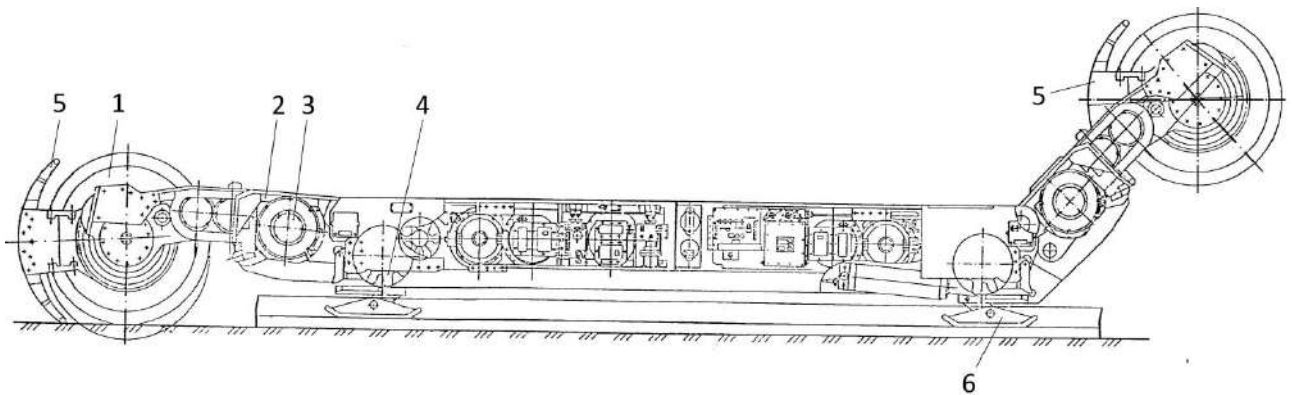


Рисунок 1.5 – Общая компоновка схема очистного комбайна K500

В зависимости от ширины захвата ( $B_{зл}$ ) исполнительного органа разделяют на широко- и узкозахватные комбайны. Ширина захвата первых превышает 1 м (1,4; 1,6; 1,8 и 2,0 м), а вторых – находится в пределах до 1,2 м. На сегодняшний день широкозахватные комбайны почти полностью ушли на второй план, уступив место современным узкозахватным комбайнам. В современных очистных механизированных комплексах (ОМК) узкозахватный комбайн определяет интенсивность работы всей технологической цепочки [33,

74, 76].

Переход на узкозахватную технологию выемки угля очистными механизированными комплексами существенно интенсифицирует добычу и снижает трудоемкость всех технологических операций цикла. И как результат, расширение области применения ОМК вызвано именно их успешным применением в угольной промышленности. Теперь они используются на калийных рудниках, а также при добыче других полезных ископаемых с пластовой структурой залегания.



Рисунок 1.6 – Очистные узкозахватные комбайны JOI 7LS8 с расположением корпуса над конвейером

Схемы компоновки очистных комбайнов определяются технологическими схемами выемки угля.

В настоящее время на пологих пластах основное применение нашли очистные комбайны с двумя разнесёнными шнековыми исполнительными органами, в меньшей степени комбайны с барабанными исполнительными органами и вертикальной осью вращения, а на крутонаклонных и крутых пластах очистные комбайны с барабанными исполнительными органами и горизонтальной осью вращения.

Симметричные компоновки исполнительных органов, вынесенных за корпус по длине комбайна, являются наиболее перспективными для пологонаклонных пластов, поскольку обеспечивают челноковую безнишевую

схему технологию выемки угля.

По расположению корпуса комбайна (основных жесткосоединенных корпусных узлов) относительно рештачного става забойного конвейера различают схемы компоновки:

- над конвейером (JOI 7LS8 (см. рисунок 1.6), Кузбасс - 500, КДК500 [55], РКУ10 и др.);
- с забойной стороны конвейера (К103М, УКД200-250 (см. рисунок 1.7), немецкие машины EDW170LN, EDW300LN фирмы EICKHOFF и др.);
- с завальной стороны конвейера (КА200, ДА80, рисунок 1.8).

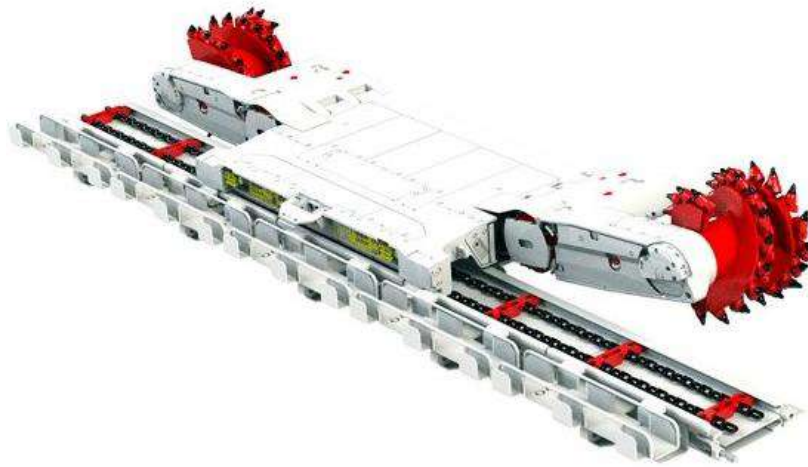


Рисунок 1.7 – Комбайн очистной узкозахватный УКД 200-250  
(с расположением корпуса с забойной стороны конвейера)

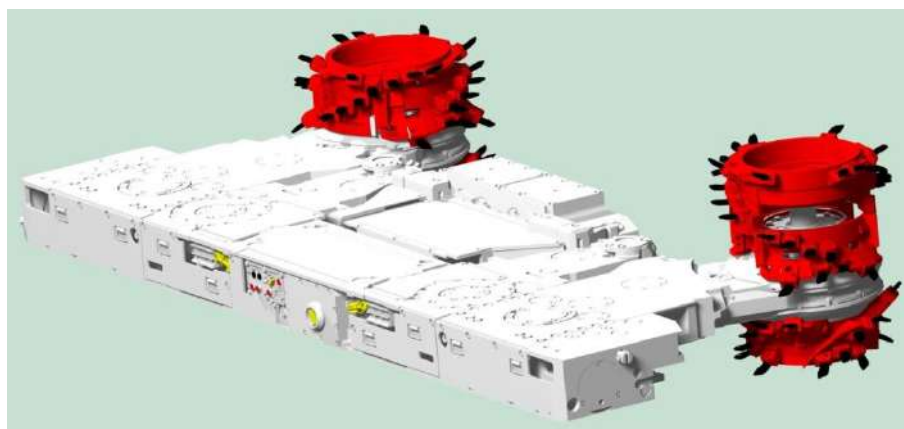


Рисунок 1.8 – Очистной узкозахватный комбайн КА80 для выемки  
пластов мощностью 0,85-1,25 м (с расположением корпуса с завальной стороны  
конвейера)

В таблице 1.2 представлены основные технические характеристики

современных очистных комбайнов.

Смещение корпуса комбайна в забойную или завальную сторону конвейера позволяет уменьшить минимальное значение вынимаемой мощности по условию вписываемости комбайна в призабойное пространство по мощности пласта. Такую компоновку целесообразно применять для пластов мощностью менее 1,2 м.

Из-за того, что в последнее время на пластах средней мощности всё большее применение получает технология подземной добычи, повышаются также и требования к очистным комбайнам – минимально необходимый уровень стабильной нагрузки составляет приблизительно 10-15 тыс. т/сутки. Кроме того, по таким параметрам, как технический уровень, цена и надёжность, комбайны должны соответствовать и быть конкурентоспособными по отношению к импортным моделям комбайнов, произведенным мировыми лидерами отрасли, например, JOI EL 600, EL 3000 и др.

#### **1.4 Анализ погрузочных устройств очистных комбайнов и процессов погрузки угля на конвейер**

##### ***1.4.1 Общие сведения о погрузочных устройствах и требования к ним***

Важнейшими узлами выемочных машин являются исполнительные органы. Основное назначение исполнительных органов – эффективно отделять уголь от массива пласта транспортабельными кусками с наименьшим измельчением, пылеобразованием и удельным расходом энергии. В ряде случаев одновременно выполнять погрузку отбитого материала на призабойный конвейер могут также шнеки, струги и другие органы, главной функцией которых является функция разрушения горной массы [6, 8, 11].

Основной объем исследований по изучению процессов механизированной навалки угля на забойный конвейер был выполнен в 1960-1970-х годах. С появлением самозагружающихся забойных конвейеров эти исследования разделились на два направления. Первое направление работ было ориентировано на повышение эффективности погрузочно-

транспортирующих операций, осуществляемых шнековыми рабочими органами выемочных машин. Второе направление было направлено на создание эффективных вспомогательных, агрегатированных с конвейером, средств зачистки почвы [1, 13, 34, 45, 64, 79].

Совершенствованием процесса погрузки разрушенной массы на конвейер и конструкций комбайнов и их исполнительных органов занимались многие исследовательские проектные институты и организации, ученые и конструкторы. Признание и известность получили труды [4, 10, 11, 12, 31, 26, 74] К. Н. Беликова, А. В. Докукина, А. Г. Фролова, Е. З. Позина, В. Н. Хорина, Л. В. Больманта, Л. Д. Борисенко, К. Ф. Вороновского, З. З. Кальмановича, В. И. Кутова, В. В. Модина, И. Д. Пшеничного, М. Т. Тагирова, В. Н. Вернера. Были разработаны теоретические основы процессов функционирования очистного комбайна со шнековыми исполнительными органами, обоснованы методики выбора их конструктивных параметров и рациональных режимов работы, разработаны государственные и отраслевые стандарты и другие нормативные материалы [36, 39, 42].

Шнековый исполнительный орган (рисунок 1.9) состоит из лобовины 5 и корпуса 3, спиралевидных лопастей 1 с резцедержателями (кулаками) 2 для установки резцов 4.

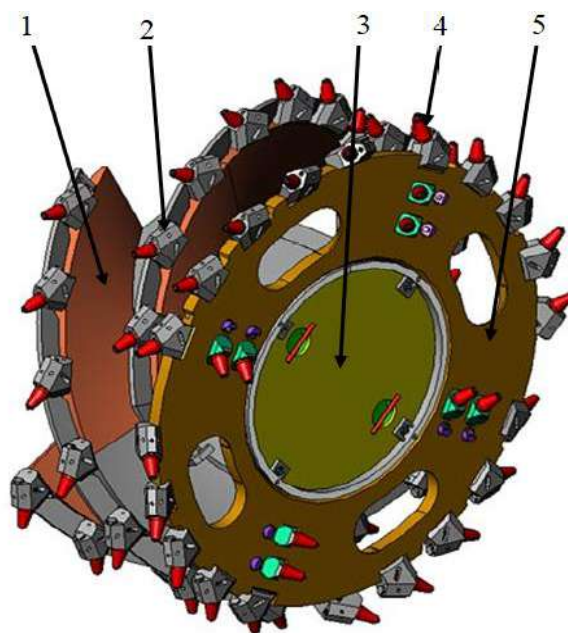


Рисунок 1.9 – Шнековый исполнительный орган

На основании накопленного опыта создания и эксплуатации были сформулированы требования к погрузочным органам современных очистных комбайнов:

- производительность погрузочных органов должна быть не менее максимально возможной производительности комбайна по разрушению массива;
- минимальная энергоемкость процесса погрузки;
- исключение ручной зачистки забоя по всему фронту работы исполнительного органа при погрузке отбитой горной массы на конвейер;
- устранение препятствий при погрузке крупных кусков угля за счет их дробления погрузочным органом;
- возможность погрузки влажной горной массы;
- минимальное пылеобразование;
- высокая эксплуатационная надежность при минимально возможных габаритах и массе;
- удобство в обслуживании и эксплуатации.

Процесс механической погрузки разрушенной горной массы состоит из следующих операций: захватывание образуемой в забое разрушенной горной массы, подача ее к месту погрузки на конвейер или другое транспортное средство, собственно погрузка и формирование потока угля на транспортном оборудовании.

Большинство горных комбайнов выполняют процесс погрузки исполнительными органами одновременно с разрушением массива в одном и том же месте.

Путем совмещения функций отделения угля от массива и погрузки разрушенной горной массы достигается одновременно упрощение конструктивного строения комбайнов.

Примером таких погрузочных устройств являются шнековые исполнительные органы.

В тех случаях, когда совмещение в одном органе двух функций

(разрушение и погрузка) невозможно, например, для стреловидного исполнительного органа комбайна, погрузочный орган машины должен соответствовать поставленным выше требованиям, быть компактным, простым, вписываться в призабойное пространство.

Независимо от типа погрузочного устройства параметры его должны быть выбраны таким образом, чтобы обеспечивалась возможность надежной высокопроизводительной работы машины с минимальными удельными энергозатратами.

#### ***1.4.2 Анализ погрузочных органов и процесса погрузки угля очистным комбайном на забойный конвейер***

Погрузочные органы, применяемые в очистных комбайнах, по принципу взаимодействия с разрушенной массой можно разделить на пассивные и активные.

Характерной чертой пассивных погрузочных органов является отсутствие в них привода. С точки зрения конструкции они делятся на щитовые (подпорные) и лемеховые (отвальные).

Активные погрузочные органы отличаются от пассивных наличием привода наряду со специальными элементами конструкции, предназначенными для транспортирования разрушенного угля на забойный конвейер. Конструктивно активные погрузочные органы подразделяют на скребковые и шнековые.

Для шнековых погрузочных органов, погрузочный процесс состоит из нескольких последовательных стадий: перемещение угля вдоль уступа забоя к открытой поверхности забоя, проталкивание разрушенной массы до конвейера, собственно погрузка, т.е. доставка угля на уровень высоты забойного борта конвейера и сталкивание угля в зону работы скребковой цепи (рисунок 1.10).

Транспортирующая способность большинства шнеков диаметром больше 1,5 м достаточно велика и, как правило, не ограничивает производительность комбайнов по отделению угля от массива. Для шнеков малого диаметра транспортирующая способность шнеков недостаточна и является фактором,

ограничивающим производительность комбайна по отделению угля от массива.

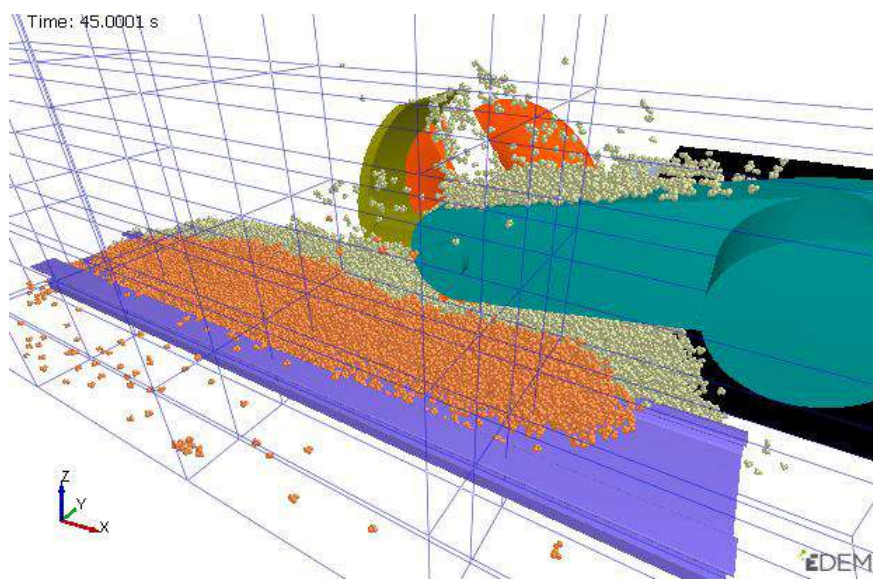


Рисунок 1.10 – Схема работы шнекового исполнительного органа

Пассивные погрузочные устройства по конструкции бывают щитовыми и лемеховыми.

Применение щитового погрузочного устройства в виде подпорного (погрузочного) щитка при совместной работе со шнеком рассмотрено выше (см. рисунок 1.10). Погрузочные щитки широко применяются и с барабанными исполнительными органами с вертикальной осью вращения, и с буровыми коронками.

Сегодня в оборудованных очистными комбайнами лавах широко применяются так называемые базовые погрузочные устройства, представляющие собой навесные статические лемехи 1 (рисунок 1.11 – а), которые крепятся к боковой забойной стороне скребкового передвижного конвейера, и способны зачищать почву и самопогружать уголь с почвы пласта на конвейер при передвижке последнего к забою гидродомкратами 2 секций механизированной крепи или специальных гидродвижчиков (рисунок 1.11 – б).

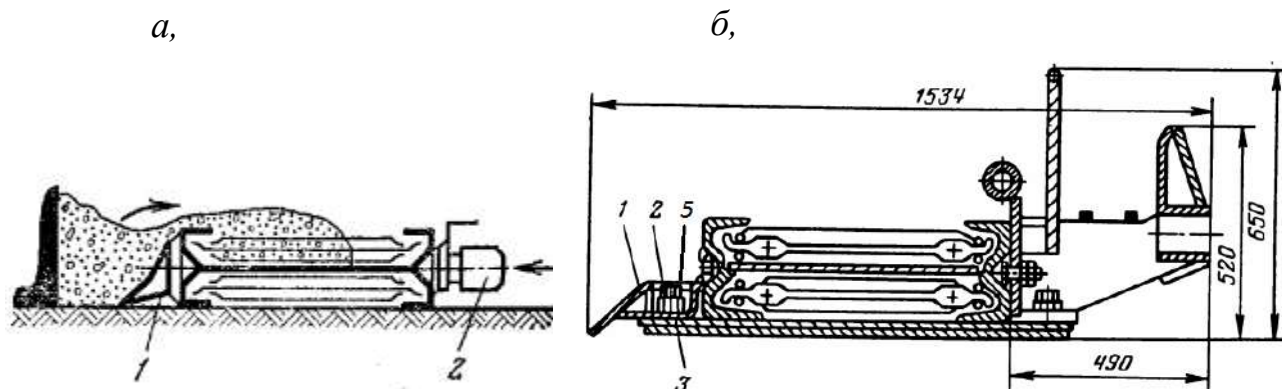


Рисунок 1.11 – Конструкции зачистных лемехов

Зачистной лемех 1 конвейера (рисунок 1.11 – б) представляет собой сварную балку коробчатого сечения, закрепляемую болтами 2 на конце лыжи 3 решета. Верхняя полка 5 зачистного лемеха служит опорой для забойных лыж комбайна.

Эффективная работа базового органа погрузки нарушается с всплыванием конвейера на слой штыба, что приводит к уходу комплекса к кровле и к погрузке кровли.

Оценивая негативные последствия недогрузки угля необходимо иметь в виду несколько условий, необходимых для обеспечения эффективности работы КМОЗ.

**Первое условие** обеспечивается правильным выбором угла наклона погрузочной поверхности зачистного лемеха, а также высоты точки приложения усилия со стороны домкрата передвижки на завальном борту конвейера и направления действия этого усилия.

**Второе условие** обеспечивается рациональным соотношением величины захвата исполнительного органа, шага передвижки конвейера и правильной ориентацией корпуса комбайна относительно конвейера.

Оценивая негативные последствия недогрузки угля на эффективность работы КМОЗ, необходимо иметь в виду несколько аспектов этой проблемы.

**Во-первых**, это ограничение производительности очистного комбайна по выемке. Передвижение конвейера далее рабочего прохода очистного комбайна крайне затруднительно, что связано с большим количеством непогруженной массы угля. Следствием этого факта является необходимость проведения

комбайном зачистного хода и невозможность использования челноковой технологии выемки, более производительной в сравнении с альтернативами.

**Во-вторых**, неполная погрузка угля приводит к повышению вероятности аварии на забойном конвейере. Слой угля высотой 50-120 мм, который остаётся на почве, препятствует в перемещению конвейера, приводит к существенному росту усилий гидродомкратов в конце хода передвижки. Следовательно, соединительные элементы конвейера оказываются значительно чаще подвержены поломкам и искривлениям става в плоскостях, горизонтальной и вертикальной. По этой причине снижается устойчивость «волновой» передвижки конвейера, а на выполнение фронтальной передвижки, не совмещаемой во времени с работой комбайна по выемке, затрачивается в среднем 8,2 % рабочего времени, то есть почти столько же, сколько на зачистку комбайном. Даже при условии исправной работы зачистных лемехов конвейера систематическая недодвижка конвейера достигает 0,04-0,1м.

**В-третьих**, при механизированной зачистке с использованием комбайна приводит к вторичному измельчению угля, к образованию дополнительного количества (около 5-7 %) штыба класса 0-6 мм, и, как следствие, общее пылевыведение возрастает, по имеющимся данным, на 15-20 % [49].

**В-четвертых**, если высота слоя непогруженного угля сравнительно невелика и не превышает 50-80 мм, то дополнительная зачистка зачастую не выполняется и тогда уголь остаётся под конвейером и крепью. Помимо увеличения нежелательных потерь угля возникает необходимость периодического проведения расштыбовки оснований секций для большинства видов крепи, расчетное сопротивление крепи используется не в полной мере, наблюдается смещение секций при нагрузках ввиду податливости угольной «подушки».

Из анализа работы погрузочных устройств следует, что шнековые исполнительные органы очистных комбайнов отличаются простотой конструкции и надёжностью функционирования. Они получили в очистных узкозахватных комбайнах для отделения угля от массива и погрузки его на

конвейер преобладающее применение совместно со щитками и лемехами.

Однако процессу выемки угля шнековыми исполнительными органами свойственны и некоторые негативные особенности:

- повышенные затраты энергии и интенсивное пылеобразование;
- недостаточная погрузочная способность отстающих шнеков, работающих по почве пласта, вследствие малой площади сечения погрузочного окна и большого расстояния между шнеком и конвейером;
- дополнительное переизмельчение угля при выгрузке его из зоны разрушения и погрузке на конвейер [4, 63, 99].

#### ***1.4.3 Анализ процесса погрузки угля на конвейер шнековым исполнительным органом***

Шнековые погрузочные органы широко применяются в очистных узкозахватных комбайнах вследствие простоты конструкции, прочности и долговечности, надежности и совмещенности отбойки угля от массива и погрузки его на конвейер, высокого КПД и малой энергоёмкости [4]. Недостатком процесса погрузки угля шнеками является дополнительное измельчение угля при погрузке и, как следствие, ухудшение его сортности. Это достаточно явно проявляется у комбайнов типоразмеров ПУ6 и ПУ8 из-за малой площади сечения погрузочного окна отстающего исполнительного органа.

Теория функционирования ШИО, как погрузочного устройства, базируется на основных положениях теории винтовых конвейеров, а методические и нормативные материалы – на результатах экспериментальных исследований натуральных образцов шнеков и их моделей и на результатах обширных промышленных испытаний [27, 62, 67-69].

Применение узкозахватных комбайнов со шнековыми исполнительными органами является оправданным при отработке угольных пластов средней мощности и мощных. К данному типу относятся все современные комбайны УДК 300, КДК400, КДК700, К500, К600, К750Ю, 7LS3, SL500, EL3000 и др.

Для корректного определения наиболее целесообразной схемы обработки

забоя данными комбайнами были учтены параметры, отражающие условия разрушения массива в забое и погрузки угля, расположение исполнительных органов, площади сечения погрузочного окна, направление подачи и направление резания, устойчивость комбайна и т.д.

На практике для того, чтобы обеспечить близкие к оптимальным условиям работы, необходимо решать зачастую противоречащие друг другу задачи. Конструктор-проектировщик в таком случае вынужден проводить анализ всех возможных схем и осуществлять выбор той опции, которая в наибольшей степени соответствует заданной цели с учётом известных условий эксплуатации.

При проведении технологических расчётов поверхность лопасти шнека представляется бесконечным количеством винтовых линий с постоянным шагом, которые построены на разных расстояниях от оси шнека (в пределах от  $\frac{D_{ш}}{2}$  до  $\frac{d_{ш}}{2}$ ), где  $D_{ш}$  – диаметр шнека, м;  $d_{ш}$  – диаметр ступицы шнека, м.

Углы навивки винтовой линии шнека  $\alpha = \arctang \frac{t_{ш}}{\pi D_{ш}}$  зависят от диаметра шнека  $D_{ш}$ , шага винта  $t_{ш}$ , что хорошо иллюстрируется на рисунке 1.12 [63].

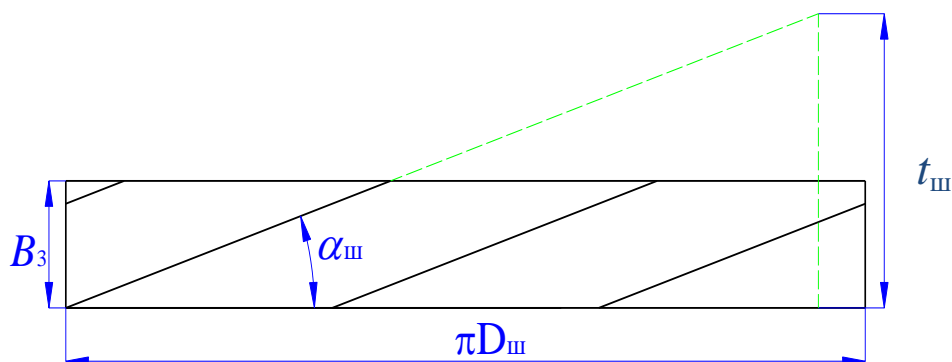


Рисунок 1.12 – Параметры шнекового исполнительного органа с постоянным углом навивки лопастей и с перекрытием лопастей

Возможно достичь повышения погрузочной способности шнека, при условии, что для него угол наклона образующей  $\beta$  в сторону разгрузки попадает в диапазон приблизительно  $5 - 10^\circ$  (см. рисунок 1.13, б). Однако, в таком случае

следует иметь в виду, что одновременно произойдет уменьшение метательной способности шнека. Данный фактор может иметь критически высокую значимость, если в конструкции используются значительные частоты вращения и углы подъема винтов в шнеках малого диаметра.

Транспортирующая способность шнека (т/мин) определяется по формуле (1.3) [57, 60].

$$Q_{\text{ш}} = \left[ \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{ш}}^2 - d_{\text{ш}}^2) - \frac{(D_{\text{ш}} - d_{\text{ш}}) \cdot \delta_{\text{ш}} \cdot N_3}{2 \sin \alpha_{\text{ш}}} \right] \cdot t_{\text{ш}} \cdot n_{\text{об}} \cdot K_3 \cdot c \cdot \gamma_p, \quad (1.3)$$

где  $N_3$  – число заходов шнека;  $\alpha_{\text{ш}}$  – угол навивки лопастей шнека, градус;  $t_{\text{ш}}$  – шаг лопастей шнека, м;  $n_{\text{об}}$  – частота вращения шнека, 1/мин;  $K_3$  – коэффициент заполнения шнека;  $c$  – коэффициент, учитывающий наклон конвейера;  $\gamma$  – плотность угля в разрыхленном состоянии, т/м<sup>3</sup>.

$$D_{\text{ш}} = D - 2 \cdot l_p, \quad (1.4)$$

где  $D$  – диаметр исполнительного органа, м;  $l_p$  – радиальный вылет резца, м.

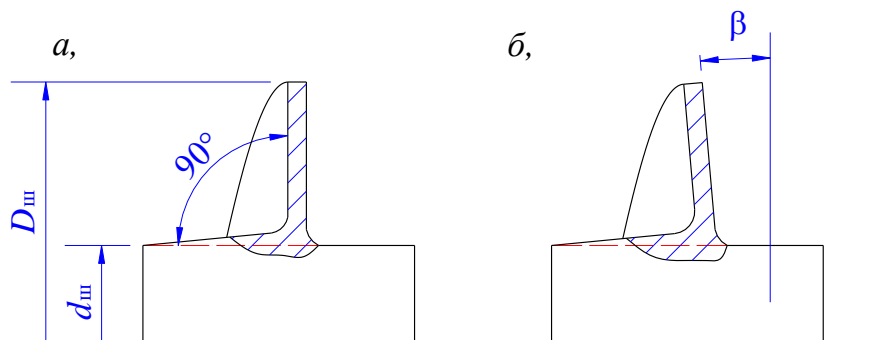


Рисунок 1.13 – Наклон образующей лопасти шнека:

а,  $\beta = 0^\circ$ ; б,  $\beta > 0^\circ$

Основным показателем режима работы шнекового исполнительного органа (1.5) по погрузке является его производительность  $Q_{\text{ш}}$ , которая должна быть больше, чем производительность по отбойке ( $Q_{\text{ш}} > Q_{\text{от}}$ ).

$$Q_{\text{от}} = v_{\text{п}} \cdot B_3 \cdot (H_p \cdot k_1 \cdot \lambda - H_0), \quad (1.5)$$

где  $Q_{\text{от}}$  – объем угля, подлежащий погрузке шнеком в единицу времени, м<sup>3</sup>/с;  $B_3$  – ширина захвата, м;  $v_{\text{п}}$  – расчетная скорость подачи, м/мин;  $H_p$  – расчетная мощность пласта, м;  $k_1$  – коэффициент, учитывающий часть угля по мощности пласта, подлежащего погрузке;  $\lambda = 1,5 \div 1,7$  – коэффициент разрыхления угля;

$H_0$  – высота непогруженного слоя угля, м.

Из равенства  $Q_{\text{шн}} = Q_{\text{тр}}$  определяются критическое значение частоты вращения шнека  $n_{\text{об}}$ . В случае, когда частота вращения (1.6) становится ниже критической, шнек перестает справляться с погрузкой [62].

$$n_{\text{об}} = \frac{v_{\text{ш}} \cdot B_3 \cdot (H_p \cdot k_1 \cdot \lambda - H_0)}{\left[ \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{ш}}^2 - d^2) - \frac{(D_{\text{ш}} - d) \cdot \delta_{\text{ш}} \cdot N_3}{2 \sin \alpha_{\text{ш}}} \right] \cdot t_{\text{ш}} \cdot K_3 \cdot c}. \quad (1.6)$$

Для подачи угля на конвейер шнековым исполнительным органом используется погрузочное окно, размеры которого в значительной степени и определяют эффективность погрузки. Однако, для практических конструкций характерна ситуация, при которой какой-либо конструкционный элемент (обычно борт забойного конвейера, корпус редуктора или комбайна, либо забойные опоры последнего) уменьшают размеры данного окна таким образом, что для рассматриваемого потока наблюдается возрастание сопротивления и площади, а также сокращение скорости потока на выходе из рабочего пространства. Следствием этого является то, что в пространстве погрузочного окна происходит образование вала угля, который, в свою очередь, замедляет и затрудняет передвижение потока.

Площадь сечения погрузочного окна шнекового исполнительного органа определяется по формуле (1.7):

$$F_{\text{п}} = (D^2 - d^2) - \frac{(D - d) \cdot \delta_{\text{ш}} \cdot N_3}{2 \sin \alpha_{\text{ш}}}, \quad (1.7)$$

Площадь погрузочного окна по рекомендации должна выбираться из условия (1.8):

$$F_0 = (0,5 \div 0,7) \cdot F_{\text{п}}, \quad (1.8)$$

Процесс погрузки угля на забойный конвейер – это сложный и многофакторный процесс, на который оказывает влияние соотношение между приведенной площадью потока угля при выходе со шнека и площадью поперечного сечения погрузочного окна между шнековым исполнительным органом и бортом забойного конвейера.

Выгрузка угля из зоны работы шнекового исполнительного органа представляет собой сложный неустойчивый процесс. Среди всех процессов, относящихся к работе комбайна по выемке, данный процесс исследован в наименьшей степени. Отсутствуют отработанные методики для расчёта мгновенных значений силовых, энергетических характеристик процесса погрузки и его интенсивности, также, как и для определения оптимальных геометрических параметров погрузочного окна. Необходимость подобного теоретического и опытного исследования данных процессов с применением технологий моделирования и экспериментальных методов с использованием реальных производственных данных обоснована высокой степенью сложности процесса и множественностью факторов, оказывающих на него влияние, а также случайностью формирования значений параметров процесса.

Из рассказанного выше становится понятно, что выбор конкретных значений основных параметров не может быть сделан однозначно, если принимать во внимание исключительно схему работы шнеков и режимно-конструктивные параметры (угол подъёма лопасти, её диаметр, вращение шнека, сечение потока, ход винта и т.д.). В связи с этим можно говорить, что методом расчета могут быть определены только основные параметры, конкретно в каждом случае с учетом всех горно-геологических и горнотехнических условий.

Сложность процессов, сопряженность и взаимозависимость процессов в смежных пространственных зонах: отделения угля от массива, осевого транспортирования, погрузки угля на конвейер определяют необходимость комплексного метода исследования, включающего моделирование и экспериментальные исследования.

### **1.5 Выводы по главе 1**

Наблюдаемый в последние 10 лет переход на технологию работы шахталава и резкий рост интенсивности работ делают поиск возможности повышения эффективности погрузки снова актуальным.

С учетом выполненного выше анализа, можно установить, что

значительное увеличение технико-эксплуатационных показателей для комплексно механизированных забоев неизбежно требует целенаправленного изменения параметров очистных комбайнов и исполнительных органов, что даст возможность использовать их увеличивающийся энергетический потенциал наиболее рационально.

Существенное повышение величины грузопотока в зоне выемки, вызванное использованием приводов исполнительного органа большой мощности и применением высокопроизводительного режущего инструмента приводит к неизбежному возникновению новых и обострению существующих проблем, связанных с погрузочно-транспортирующими свойствами шнековых рабочих органов. Таким образом, очевидно, что в данной ситуации ключевую роль играет согласование параметров рабочих органов с размерами погрузочных окон между корпусными элементами комбайна и конвейером.

Известные исследования погрузочно-транспортирующих свойств рабочих органов выемочных машин ограничены решением локальных задач и не учитывают весь комплекс факторов, характеризующих условия работы шнеков во взаимодействии с основным транспортным механизмом очистного забоя и оказывающих существенное влияние на процессы выгрузки разрушенного материала из зоны разрушения и погрузки на конвейер.

Вышеизложенные обстоятельства обуславливают необходимость нового подхода к решению задачи повышения производительности очистных комплексов путем установления научно-обоснованных параметров шнековых органов, с учетом погрузочно-транспортирующих их свойств.

Данным обстоятельством была определена цель этой работы - обоснование рациональных параметров шнековых рабочих органов выемочных машин, для достижения которой необходимо решение следующих задач:

- проведение анализа развития конструкций комбайнов, их исполнительных органов и режимов работы;
- выявление зависимости критериев эффективности процесса погрузки от конструктивных и режимных параметров шнекового исполнительного органа

очистного комбайна;

- обоснование рациональных параметров шнекового исполнительного органа, размеров погрузочного окна, лемеха и конвейера;

- обоснование методики выбора параметров шнекового исполнительного органа очистного комбайна, размера погрузочного окна, лемеха и конвейера, обеспечивающих заданную эффективность процесса погрузки.

## ГЛАВА 2 ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ ПОГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ И ПРОЦЕССА ПОГРУЗКИ УГЛЯ НА ЗАБОЙНЫЙ КОНВЕЙЕР

### 2.1 Особенности объекта и предмета исследований

Основную идею совершенствования рассматриваемого процесса можно выразить в следующем виде: чем короче путь перемещения разрушенной массы до конвейера, чем меньше её сопротивление перемещению и циркуляция угля в потоке, чем меньше время нахождения горной массы в зоне работы шнека, тем меньше удельный расход энергии, измельчение угля, пылеобразование, и выше эффективность процесса погрузки. Объектом исследований являются процесс (рисунок 2.1) выгрузки угля из зоны разрушения и погрузки его на забойный конвейер, а предметом исследований является совокупность «шнековый исполнительный орган – забой – разрушенная масса – конвейер – секция механизированной крепи» [18, 83, 85, 87, 89, 100, 103, 105, 107, 108], обеспечивающая процесс.

Основные особенности рассматриваемого процесса как объекта исследования и предмета исследований определяются внешними и внутренними факторами, влияющими на процесс погрузки в целом (рисунок 2.1).

К внешним факторам относятся горно-геологические условия, прочностные свойства разрабатываемого пласта, технологические факторы, влияющие на процесс очистных работ. Значения некоторых параметров, характеризующих эти факторы, изменяются детерминировано с отработкой выемочного столба, другие имеют случайную природу формирования и могут быть представлены средними значениями и коэффициентами вариации их значений.

Существенное влияние на исследуемый процесс оказывают внутренние факторы, которые отражены значениями параметров (рисунок 2.1) выемочных машин, ОМК в целом [20] ( $D_{ш}$  – приведенный диаметр исполнительного органа,

м;  $d_{ш}$  – диаметр ступицы шнека, м;  $\delta_{ш}$  – толщина лопасти шнека, м;  $N_3$  – число заходов шнека;  $K_3$  – коэффициент заполнения шнека;  $t_{ш}$  – шаг винта шнека по простиранию), тип используемого рабочего инструмента и параметры схемы расстановки резцов (форма и размеры канала погрузки и погрузочного пространства - размеры площади сечения погрузочных окон  $S_o$ ,  $L$  – расстояние между шнеком и конвейером и  $H_K$  – высота борта конвейера и др.), параметры режимов работы ( $n_{об}$  – частота вращения шнека,  $c^{-1}$ ;  $v_{п}$  – скорость подачи, м/мин;  $v_p$  – скорость резания, м/с;  $v_k$  – скорость цепи конвейера и др.). Значения этих параметров зависят, как правило, от внешних условий, организации работ в КМОЗ, устанавливаемых режимов работы очистного комбайна и могут изменяться как по воле конструктора при проектировании, так и при эксплуатации по воле технического персонала [20].

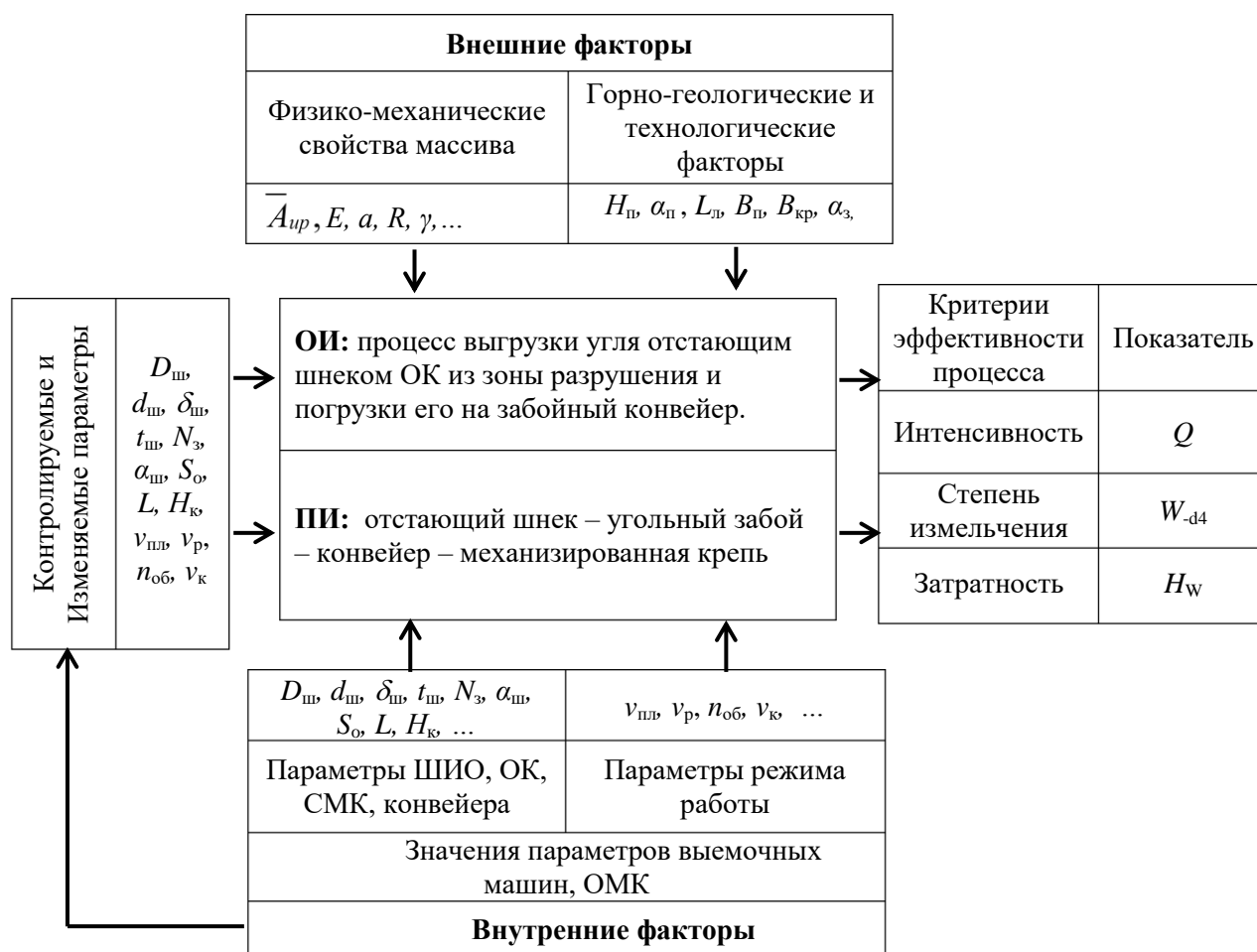


Рисунок 2.1 – Особенности объекта и предмета исследований

Степень влияния того или иного конкретного фактора может быть существенной или малозначительной в зависимости от сочетания условий и

факторов, что предопределяет необходимость в дальнейшем выявления закономерностей погрузки с учетом только значимых факторов.

К параметрам, которые могут изменяться в процессе совершенствования процесса погрузки (рисунок 2.1), могут быть отнесены конструктивные параметры шнекового исполнительного органа и очистного комбайна, ОМК и конвейера ( $D_{ш}, d_{ш}, \delta_{ш}, t_{ш}, N_з, \alpha_{ш}, S_o, L, H_k, \dots$ ), режимные параметры (скорости подачи –  $v_{пл}$  и резания –  $v_p$ , частота вращения шнекового исполнительного органа –  $n_{об}$ ).

Эффективность процесса выгрузки угля из зоны разрушения и погрузки его на забойный конвейер достаточно полно может быть оценена значениями критериев 4 (рисунок 2.1): интенсивности (производительность погрузки –  $Q$ ), степени измельчения продукта (качество продукта по гранулометрическому составу –  $W_d$ ) и удельными затратами энергии на погрузку –  $H_w$ .

По количеству и характеру влияния внешних факторов и физической сущности процесса его следует рассматривать как комплексный, весьма сложный и многофакторный (рисунок 2.1). В разных пространственных зонах осуществляются разные по сути процессы.

Вышеизложенные обстоятельства накладывают особые требования к методу исследования, определяют особенности подхода к решению проблемы повышения эффективности погрузочно-транспортирующих процессов путем установления научно-обоснованных параметров ШИО, режимов работы ОК для конкретных условий.

В связи с этим для получения объективных результатов принят комплексный метод исследований, включающий анализ производственного опыта, теоретические исследования, моделирование и синтез.

## **2.2 Исследование процесса погрузки угля на конвейер шнековыми исполнительными органами очистного комбайна**

В изучении влияния отдельных факторов на эффективность механизированной погрузки, как уже отмечалось в пункте 2.1, принимали

участие многие исследователи из институтов и компаний различных стран. Проведённый обзор данных работ и публикаций, наряду с продолжительными наблюдениями процесса механизированной погрузки в очистных забоях, осуществленного при испытаниях экспериментальных и опытных конструкций шнековых рабочих органов, дают возможность корректно отобразить всё разнообразие факторов, оказывающих влияние на эффективность погрузки в четырёх последовательно сопряженных пространственных зонах (рисунок 2.2 а, б): в зоне I – отделения угля от массива резанием; в зоне II – транспортирования разрушенной массы в межлопастном пространстве шнека из зоны I; в зоне III – пассивного перемещения разрушенной массы между шнеком и бортом конвейера и в зоне IV – формирования потока груза на конвейере. Поэтому целесообразно рассматривать эти процессы сначала в каждой зоне отдельно, определяя входные и выходные параметры, выясняя сущность процессов, устанавливая уравнения связи между входными и выходными параметрами. Затем следует устанавливать связи между процессами в последовательно сопряжённых зонах.

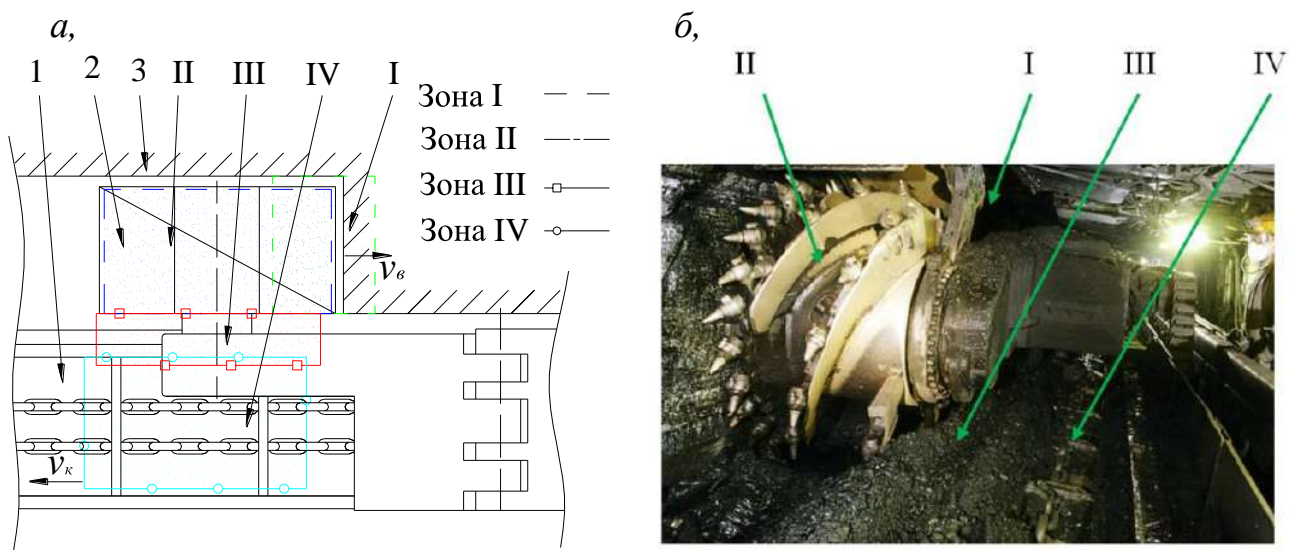


Рисунок 2.2 – Зоны процесса погрузки: 1 – конвейер; 2 – шнек; 3 – угольный пласт; зона I – отделение угля от массива резцами; зона II – транспортирование разрушенной массы в межлопастном пространстве шнека из зоны I; зона III – пассивное перемещение разрушенной массы между шнеком и бортом конвейера; зона IV – формирование потока груза на конвейере

Выясняя сущность осуществляемого процесса в каждой зоне, определим их структуру, входные и выходные параметры и их взаимосвязи.

### 2.2.1 Процесс отделения угля от массива

В зоне I осуществляется процесс отделения резцами исполнительного органа угля от массива сплошным фрезерованием с поверхности серповидными по форме сечения срезами [21]. Это основной процесс технологии комбайновой добычи полезных ископаемых. Он наиболее исследован, формализован и может быть представлен уравнениями интенсивности, формирования гранулометрического состава, удельных затрат энергии [7, 10, 26, 56, 64, 70, 71, 97, 98] и может быть оценен показателями: производительностью –  $Q_1$ , гранулометрическим составом добытой массы –  $W_{-d}$  и удельным расходом –  $H_w$ .

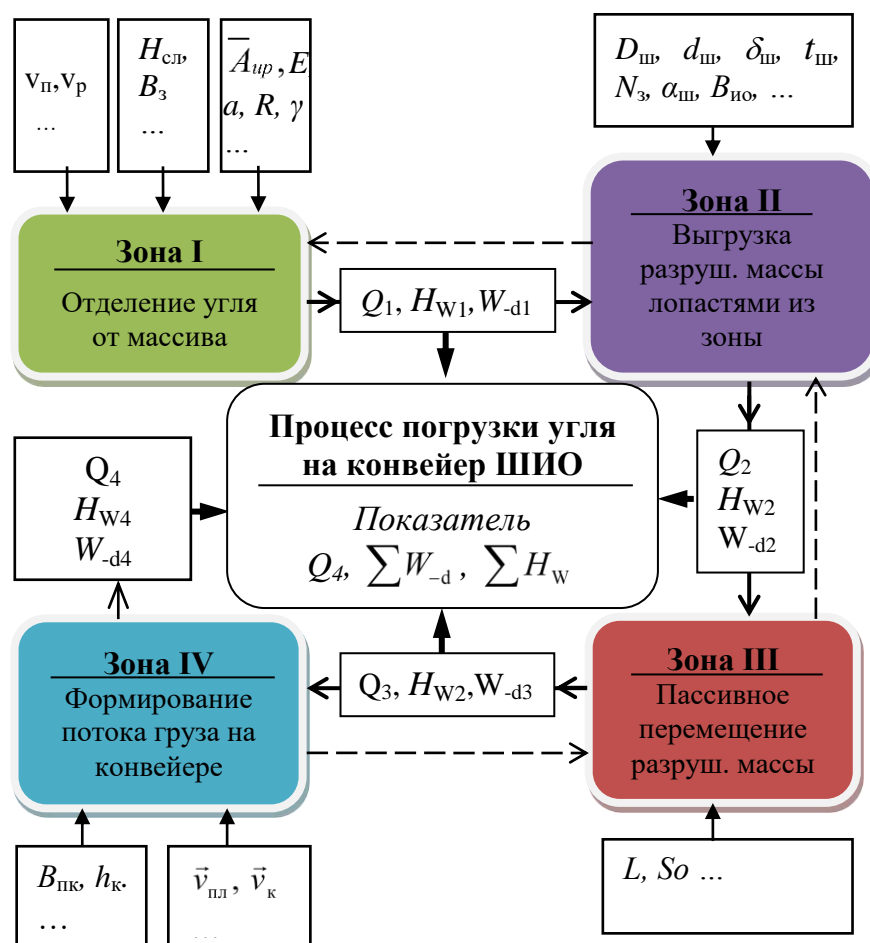


Рисунок 2.3 – Факторы, влияющие на процесс погрузки угля на конвейер шнековым исполнительным органом

Производительность (интенсивность) отделения угля от массива при постоянной скорости резания отстающим шнека определяется по формуле [66]:

$$Q_1 = v_{\text{п}} \cdot B_3 \cdot H_{\text{пл}} \cdot \lambda, \quad (2.1)$$

где  $v_{\text{п}}$  – скорость подачи, м/мин;  $B_3$  – ширина захвата, м;  $\lambda$  – коэффициент разрыхления угля ( $\lambda = 1,6$ );  $H_{\text{пл}}$  – мощность слоя угольного пласта, разрушаемого отстающим исполнительным органом, м.

Гранулометрический состав разрушенной массы может быть определен по выражению (2.2) [57]:

$$W_{\text{дл}} = 100 \cdot \left[ 1 - \exp \left( - \frac{\kappa_{\text{м}}}{m_{\text{и}}^2} \cdot d_{\text{с}}^{m_{\text{и}}} \right) \right], \quad (2.2)$$

где  $m_{\text{и}}$  – показатель способности угля к измельчению;  $d_{\text{с}}$  – определяющий размер куска (диаметр отверстия сита);  $\kappa_{\text{м}}$  – показатель приведенной степени измельчения угля шнекового исполнительного органа очистного комбайна (2.3).

$$\kappa_{\text{м}} = \frac{1}{F_{\text{п}}} \sum K_{\text{oi}} \cdot F_{\text{u}}. \quad (2.3)$$

Удельные затраты энергии могут быть определены по формуле (2.4) [80, 81]:

$$H_{\text{wl}} = \frac{P}{60 \cdot B_3 \cdot H_{\text{пл}} \cdot v_{\text{п}}}, \quad (2.4)$$

где  $P$  – мощность потока энергии, потребляемой двигателями комбайна из сети, кВт.

К входным величинам параметров рассматриваемого процесса относятся значения показателей, характеризующих прочностные свойства угольного пласта ( $\bar{A}_{\text{пл}}$ ,  $E$ ,  $a$ ,  $m_{\text{ц}}$ ,  $R$  и др.), значения параметров забоя ( $B_3$ ,  $H_{\text{пл}}$ ,  $\gamma$  и др.), схемы расстановки резцов на ШИО и режима их работы ( $v_{\text{п}}$ ,  $v_{\text{р}}$ ) [21, 82].

### 2.2.2 Движение разрушенной массы в межлопастном пространстве шнека

В зоне II разрушенная масса транспортируется винтовым шнеком из зоны разрушения до сечения выгрузки. Этот процесс может быть представлен уравнениями интенсивности (производительности) и удельных затрат энергии.

Максимальная (теоретическая) производительность шнека может быть определена по выражению (2.5) [38, 48, 108]:

$$Q_{\text{ш}} = \left[ \frac{\pi}{4} (D_{\text{ш}}^2 - d_{\text{ш}}^2) - \Delta S \right] \cdot S \cdot n_{\text{об}} \cdot K_3 \cdot c, \quad (2.5)$$

где  $n_{\text{об}}$  – частота вращения шнека,  $\text{с}^{-1}$ ;  $D_{\text{ш}}$  – приведенный диаметр исполнительного органа, м;  $d_{\text{ш}}$  – диаметр ступицы шнека, м;  $\delta_{\text{ш}}$  – толщина лопасти шнека, м;  $N_3$  – число лопастей шнека;  $K_3$  – коэффициент заполнения межлопастного пространства шнека;  $t_{\text{ш}}$  – шаг лопасти шнека, м;  $c$  – коэффициент, учитывающий наклон конвейера;  $\alpha_{\text{ш}}$  – угол навивки лопастей шнека  $\alpha_{\text{ш}} = \arctg \frac{t_{\text{ш}}}{\pi \cdot D_{\text{ш}}}$ , градус;  $\Delta S$  – площадь сечения конструктивных элементов шнека, уменьшающих эффективную площадь сечения потока:

$$\Delta S = \frac{(D_{\text{ш}} - d_{\text{ш}}) \cdot \delta_{\text{ш}} \cdot N_3}{2 \sin \alpha_{\text{ш}}}.$$

Энергоемкость транспортирования угольной массы винтовым шнеком может быть оценена зависимостью (2.6):

$$H_{\text{w2}} = 17,6 \cdot 10^{-6} \frac{M}{(S_{\text{сл}} - S_1) \cdot \frac{v_{\text{n}}}{n_{\text{об}}}}, \quad (2.6)$$

где  $S_{\text{сл}}$  – площадь поперечного сечения слоя угля до погрузки,  $\text{м}^2$ ;  $S_1$  – то же после погрузки,  $\text{м}^2$ ;  $M$  – крутящий момент в рабочих режимах погрузки:

$$M = A + B \frac{v_{\text{n}}}{n_{\text{об}}}, \quad \text{Н} \cdot \text{м}. \quad \text{Здесь } A, B \text{ – постоянные величины, определяемые}$$

эмпирическими уравнениями регрессии.

Входными параметрами процесса в зоне II являются выходные параметры процесса в области отделения угля от массива ( $Q_1$ ,  $W_{\text{d1}}$ ,  $H_{\text{w2}}$ ), конструктивные

параметры ШИО ( $D_{ш}$ ,  $d_{ш}$ ,  $\delta_{ш}$ ,  $S$ ,  $N_z$ ,  $\alpha_{ш}$ ) и параметры режима работы ( $n_{об}$ ,  $\nu_{п}$ ).

Выходными параметрами являются фактическая производительность шнека –  $Q_2$ , гранулометрический состав  $W_{d2}$  и удельные затраты энергии  $H_{w2}$  на транспортирование.

Процесс в рассмотренной зоне достаточно полно исследован и обоснованы методики расчета параметров процесса выгрузки и параметров шнека. Однако недостаточно исследовано влияние степени заполнения шнека на характер движения кусков угля, на их циркуляцию и измельчение.

Известно, что сопротивление перемещению угля на выходе шнека имеет ряд последствий: интенсифицируется циркуляция материала, в результате чего он доизмельчается и это приводит к повышенному пылеобразованию, а значит, к дополнительным затратам энергии. Параллельно увеличиваются затраты на подавление и связывание пыли, необходимые для снижения опасности взрыва, возрастающей по мере усиления пылеобразовательных процессов.

### ***2.2.3 Пассивное перемещение разрушенной массы***

**В зоне III** осуществляется пассивное перемещение разрушенной массы от разгрузочного сечения шнека до забойного борта конвейера под давлением перемещающейся массы в межлопастном пространстве, создаваемым вращающимся шнеком [10, 40, 43, 94].

Здесь входными параметрами процесса являются выходные параметры процесса в зоне II – интенсивность движения и давление в потоке на выходе шнека, геометрические параметры шнека и взаимного положения узлов сопряженного оборудования комбайна, конвейера и погрузочного лемеха в пространстве забоя.

Выходными параметрами процесса являются интенсивность перемещения разрушенной массы в зоне III ( $Q_3$ , м<sup>3</sup>/мин) и количество непогруженного угля, оставшегося на почве ( $q_2$ , м<sup>3</sup>/мин) между шнеком и конвейером.

Увеличение высоты борта конвейера и уменьшение размера погрузочного

окна приводят к увеличению энергозатрат [12]. По мере того, как высота борта  $h_B$  оказывается увеличенной с 0,26 до 0,398 м, наблюдается также повышение энергоёмкости на  $8,3 \div 22,3$  % (конкретная величина зависит также от скорости подачи). При  $V_{п}/n > 0,2$  м/об на энергоёмкость также оказывает заметное влияние уменьшение площади сечения погрузочного окна.

При условии сокращения вертикальных габаритов погрузочного окна с 0,25 до 0,112 м наблюдается увеличение удельных затрат энергии  $H_W$  в два раза. Однако, в то же время наблюдается повышение количества непогруженного угля и его значительное переизмельчение.

Средневзвешенный диаметр кусков угля в процессе погрузки уменьшается на  $10,1 \div 20,3$  % при использовании винтовых лопастей и на  $8,0 \div 15,5$  % при использовании плоских лопастей. Рабочие органы с плоскими лопастями имеют иное преимущество перед теми органами, в конструкцию которых входят винтовые лопасти. Оно заключается в значительно меньшем количестве угольного штыба класса 0-5 мм, образующегося при погрузке. Различие составляет примерно  $1,2 \div 1,4$  раза [12].

Увеличение расстояния между шнеком и конвейером означает увеличение ширины буферной зоны, что приводит к повышению сопротивления перемещению угля и снижению скорости потока угля от шнека до конвейера.

Таким образом движение потока при погрузке в пассивной зоне является сложным, весьма неустойчивым, наименее исследованным из рассматриваемых процессов. Нет четких методик расчета интенсивности и энергоёмкости процесса, определения силовых параметров и размеров погрузочного окна.

#### ***2.2.4 Формирование потока груза на конвейере***

**В зоне IV** образуется форма сечения потока груза на конвейере. Входными параметрами являются выходные параметры процесса в зоне III ( $Q_{30ш}$ ), форма и размеры сечения забойного конвейера ( $B_K, H_K$ ), значения параметров режима работы ШИО и конвейера ( $v_{п}, v_K$ ). Выходными параметрами являются: форма и размеры сечения потока, интенсивность потока груза на

конвейере (на выходе из зоны IV)  $Q_4$ , м<sup>3</sup>/мин.

Это процесс зависит от многих параметров: угла падения пласта, скоростей и направлений движения очистного комбайна и цепи конвейера, формы и размеров сечения желоба забойного конвейера и др. При этом рассматриваемый процесс недостаточно исследован.

Каждый конкретный фактор влияет на процесс в целом в разной степени. Это определяется сочетанием условий.

В рассматриваемом случае используется комплексный экспериментально-теоретический метод исследований, включающий анализ, компьютерное моделирование погрузочно-транспортирующих процессов, поиск и синтез эффективных схемных и конструктивных технических решений погрузочных устройств очистного комбайна со шнековым исполнительным органом.

### **2.3 Процесс формирования потока угля на выходе отстающего шнека очистного комбайна**

При передвижении сыпучих материалов по горизонтальным и слабонаклонным плоскостям в межлопастном пространстве шнекового погрузочно-транспортирующего устройства, имеющего сравнительно невысокий коэффициент заполнения рабочего пространства, не превышающий 0,3-0,4, наблюдается формирование перед каждой лопастью тела волочения. Возникают циркуляционные процессы, обусловленные наличием направленных в разных направлениях сил инерции, тяжести и трения [12, 19]. Это является причиной главных недостатков шнековых транспортеров – повышенных энергозатрат на транспортировку материала и его чрезмерного вторичного измельчения.

Резкое повышение интенсивности циркуляции в объеме тела волочения перемещаемого материала наступает в момент достижения критического угла отклонения  $\theta_k$  (рисунок 2.4) тела волочения в направлении вращения шнека, при котором становится неизбежным осыпание материала по линии наименьшего сопротивления на его свободной поверхности.

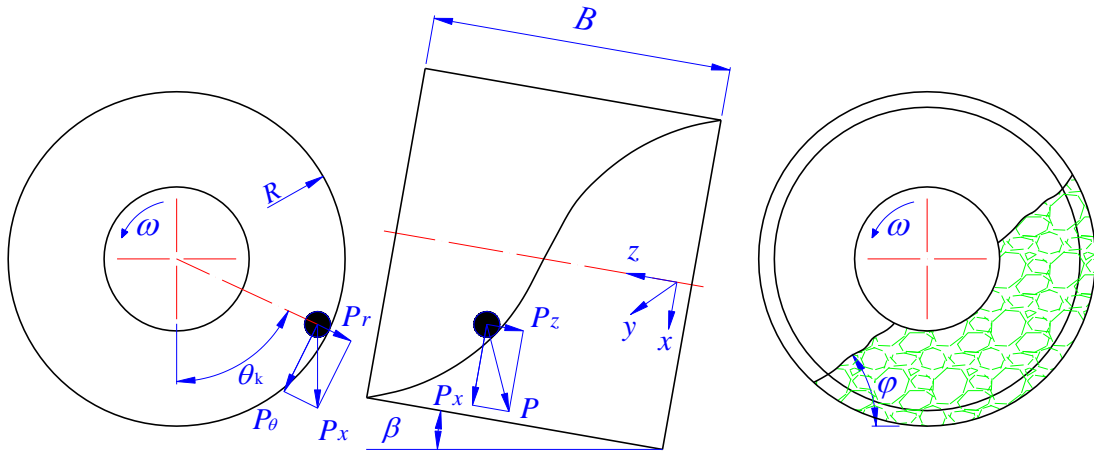


Рисунок 2.4 – Расчетная схема угла отклонения материала

«Угол отклонения материала может быть определен по выражению» [16]:

$$\theta_k = \arcsin \left( \frac{tg \beta + \frac{f_2 R \omega^2}{g \cos \beta}}{\sqrt{\left[ \frac{2\pi R}{S} \left( 1 - f_1 \sqrt{ctg^2 \beta + \left( \frac{S}{2\pi R} \right)^2 + 1 + f_2 ctg \beta} \right) + f_2^2 \right]}} \right) + \arctg \frac{f_2}{\frac{2\pi R}{S} \left( 1 - f_1 \sqrt{ctg^2 \beta + \left( \frac{S}{2\pi R} \right)^2 + 1 + f_2 ctg \beta} \right)}, \quad (2.7)$$

«где  $\beta$  – угол наклона оси шнека к горизонтальной плоскости;  $R$  – радиус направляющей поверхности, м;  $S$  – шаг винтовой линии шнека, м;  $f_1$  – коэффициент трения материала по ограничивающей поток поверхности (поверхности забоя, подпорного щитка, направляющей трубы);  $f_2$  – коэффициент трения движения материала по лопасти;  $\omega$  – частота вращения шнека,  $c^{-1}$ ;  $g$  – ускорение свободного падения,  $м/с^2$ » [16].

Степень и характер влияния геометрических и режимных параметров шнека и свойств транспортируемого материала на величину  $\theta_k$  [16] отображены в работах Сафохина М. С., Питбаума И. М., Вернера В. Н. и др. [12, 59, 75]. Исследованные зависимости позволяют судить о равнозначности различных факторов в процессе изменения угла в зависимости от движения материала в шнеке по линиям идентичных режимов. Общая тенденция такова, что по мере

увеличения угла отклонения материала  $\theta_k$  увеличивается интенсивность циркуляции  $k_u$ .

Способ расположения отбитого материала в межлопастном пространстве шнека определяется, в числе прочих, «направлением вращения отстающего шнекового исполнительного органа очистных комбайнов (рисунок 2.5). Попутное вращение шнека (от почвы к кровле) по отношению к скорости подачи комбайна (рисунок 2.5, а) обеспечивает то, что основная масса отбитого угля падает вниз и подается шнеком на забойный конвейер, оставаясь в призабойном рабочем пространстве» [16], что приводит к ослаблению интенсивности измельчения угля.

Угол  $\varphi$  (см. рисунок 2.5) образующей тела волочения с почвой коррелирует с коэффициентом трения  $f$  угля о поверхность лопастей шнека и ступицы и отклонением угла  $\theta_k$ . Увеличение уровня заполнения шнека на выходе наблюдается по мере увеличения его производительности (см. рисунок 2.6 положения I, II).

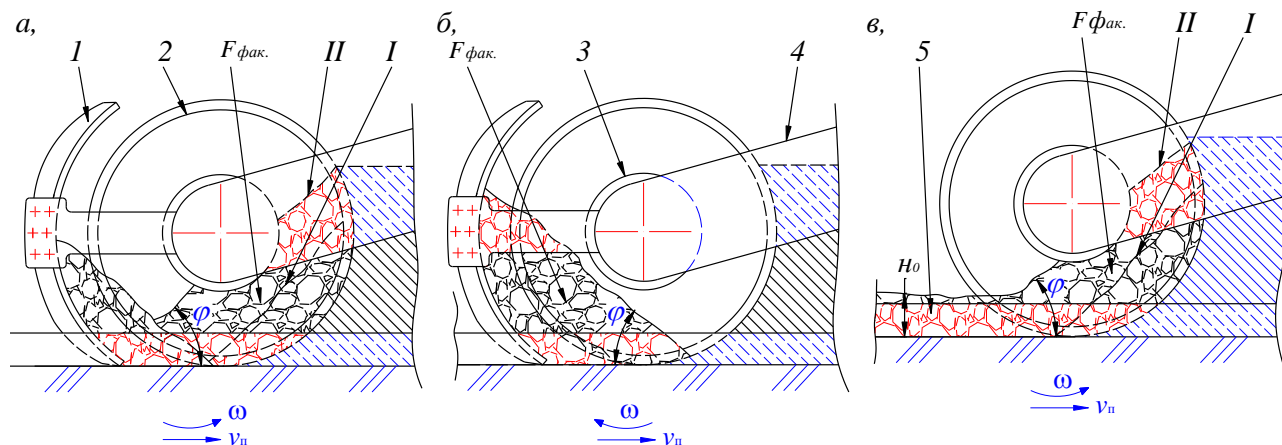


Рисунок 2.6 – Схемы расположения отбитого угля в рабочем пространстве отстающего шнека: 1 – щиток; 2 – шнек; 3 – ступица; 4 – редуктор; 5 – конвейер

«При встречном вращении шнека (от кровли к почве), по отношению к скорости подачи» [16] (рисунок 2.5, б), большая часть подлежащего погрузке угля находится со стороны погрузочного щита, образуя угол  $\varphi$  с почвой пласта. Чем сильнее повышается скорость подачи комбайна, тем «стремительнее растёт поток угля в шнеке. Так как скорость потока не меняется при условии

сохранения постоянства частоты вращения, числа заходов и хода шнека, то вполне вероятным представляется, что в какой-либо критический момент времени уголь начнёт скатываться на обечайку шнека и перемещаться в зону зачистного щитка, либо уголь будет оставаться на почве пласта при отсутствии зачистного щитка (рисунок 2.5, в) и тем самым увеличивать высоту непогруженного слоя  $H_o$  [78], либо уголь будет собираться подпорным щитком и подаваться шнеком на конвейер и частично увлекаться в зону рабочего пространства шнека, образуя поток циркулирующего материала» [16].

#### **2.4 Закономерности влияния формы и размеров погрузочного окна на эффективность процесса погрузки угля на конвейер**

Форма, размеры и положение погрузочного окна непосредственно влияют на полноту погрузки ШИО разрушенного материала на забойный конвейер. По мере того, как повышается скорость подачи комбайна, возникает опасность, что будет превышена пропускная способность погрузочного окна при постоянной частоте вращения рабочего органа, определяющая аксиальную скорость транспортировки материала в межлопастном пространстве шнека и, следовательно, в погрузочном окне. Ввиду этого, может возникнуть скапливание материала в зоне выгрузки, что приводит к тому, что часть угля остается непогруженной, либо, при условии функционирования погрузочного щитка, происходит увеличение заполнения шнека с неизбежной циркуляцией материала в потоке, сопровождающейся повышенными энергозатратами, дополнительным измельчением угля и пылеобразованием. «Повышение пропускной способности погрузочного окна увеличением частоты вращения шнека не целесообразно из-за нарушения режима резания угля резцами исполнительного органа [101], поэтому в комбайнах обычно регулирование частоты вращения не предусматривается, однако, допускается, в отдельных случаях, ступенчатое её переключение» [52].

Степень, в которой габариты погрузочного окна определяют успешность проведения погрузки, увеличивается по мере того, как сокращается диаметр шнека, что, впрочем, не означает, что повышение диаметра шнека гарантирует

отсутствие неполной погрузки. Об этом свидетельствуют данные опытов, проведенных на шахте «Октябрьская», в ходе которых диаметр шнеков был уменьшен с 1,6 м до 1,4 м. Такая модификация привела к росту объема остатка непогруженного угля в 2,8 раза, даже несмотря на то, что уменьшение сечения погрузочного окна составило лишь около 30 % (от 0,24 м<sup>2</sup> до 0,17 м<sup>2</sup>). Таким образом, достаточно очевидной представляется непропорциональность корреляции между площадью погрузочного окна и полнотой погрузки.

«Значительное влияние на качество процесса выгрузки угля из зоны разрушения оказывает неравномерность поступления материала в погрузочное окно, которая обусловлена малым числом лопастей шнека. Влияние этой особенности на процесс погрузки угля в целом недостаточно исследовано, а её системный анализ вообще отсутствует» [52].

Пропускную способность погрузочного окна при постоянной частоте вращения шнека можно оценить для конкретных условий значением коэффициента окна погрузки, который равен отношению [91]

$$K_o = \frac{S'_o}{S_h}, \quad (2.8)$$

где  $S'_o$  – фактическая площадь сечения погрузочного окна, м<sup>2</sup>;  $S_h$  – площадь сечения погрузочного окна шнека, м<sup>2</sup>.

«На рисунке 2.6, а представлены наиболее часто встречающиеся варианты схем формирования погрузочных окон комбайнов с разнесенными по концам его корпуса исполнительными органами. Площадь погрузочного окна  $S_{o1}$  ограничена снизу верхней полкой борта конвейера 1, сверху – нижним контуром редуктора 2 исполнительного органа и конструктивными границами лопастей шнека  $D_{ш}$  и  $d_c$ . В зависимости от степени заполнения межлопастного пространства шнека верхний уровень слоя материала при его погрузке «может быть выше (или ниже) границы а-а, и тогда в нижней четверти (в сечении, рисунок 2.6) отстающего шнека, по ходу движения комбайна, может сформироваться угольный откос 3, увеличивающий площадь погрузочного окна на  $\Delta S_{o1}$ . Если формирование угольного откоса нежелательно, например,

по условию передвижки конвейера при челноковой схеме выемки, то возможно применение подпорного погрузочного щитка 4 (рисунок 2.6, б), существенно увеличивающего площадь погрузочного окна. В этом случае в зависимости от наличия щитка, от соотношения размеров диаметров шнека ( $D_{ш}$ ) и ступицы ( $d_c$ ), высоты борта конвейера  $h_k$  и высоты корпуса редуктора  $h_r$ , размеры погрузочного окна, состоящие из двух частей  $S_{o2}$  и  $\Delta S_{o2}$  (см. рисунок 2.6, б), будут изменяться» [52].

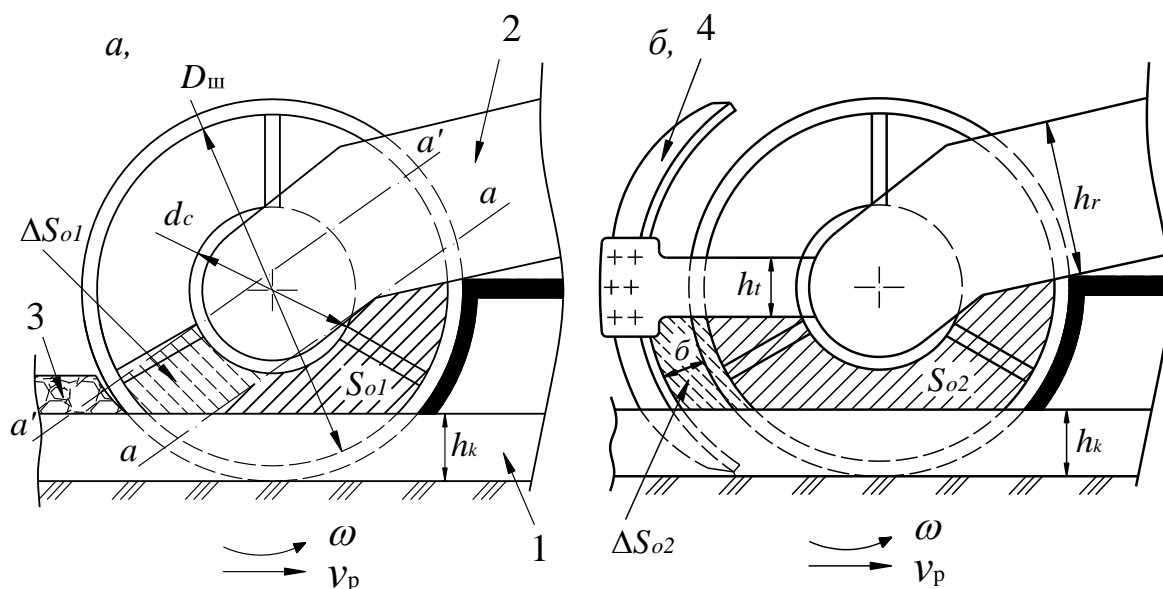


Рисунок 2.6 – Схемы формирования погрузочных окон:

«а – без щитка, б – со щитком

1 – конвейер; 2 – редуктор; 3 – угольный откос; 4 – щиток» [52]

Фактическая площадь сечения погрузочного окна равна:

$$S'_{o1} = \Delta S_{o1} + S_{o1} \text{ или } S'_{o2} = \Delta S_{o2} + S_{o2} \quad (2.9)$$

В общем виде площадь сечения погрузочного окна шнека со щитком (рисунок 2.7) равна (2.10):

$$S_o = S_1 - S_2 - S_3 - S_4 - S_5, \quad (2.10)$$

«где  $S_1$  – расчетная площадь нижнего сектора сечения погрузочного окна шнека, ограниченная средними линиями кронштейна щитка  $h_t/2$  и корпусом редуктора  $h_r/2$ ;  $S_2, S_3, S_4, S_5$  – площади сечений элементов: кронштейна щитка, конвейера, ступицы шнека, борта редуктора, частично закрывающих окно погрузки» [52].

«Площадь сечения  $S_o$  может быть определена через параметры шнекового исполнительного органа» (2.11) [52]

$$S_o = \left[ \frac{1}{4} \cdot \frac{\pi \cdot \phi}{360} (D_{ш} + d_c) - \frac{(h_r + h_t)}{2} \right] \cdot (D_{ш} - d_c) - \frac{1}{8} D_{ш}^2 \arcsin \frac{D_{ш} - 2h_k}{D_{ш}} + \frac{1}{8} D_{ш} (D_{ш} - 4h_k) \quad (2.11)$$

где  $h_r$  – высота сечения корпуса редуктора шнека, м;  $h_t$  – высота сечения штанги щитка, м;  $h_k$  – высота борта конвейера, м.

Приращение площади сечения погрузочного окна шнека со щитком может быть определено по формуле (2.12):

$$\Delta S_o = \frac{1}{2} \left( \frac{D_{ш}}{2} + \delta - h_k \right) \sqrt{(D_{ш} + 2\delta - h_k) h_k} - \frac{1}{4} \left[ \sqrt{\frac{(D_{ш} + 2\delta)^2 - h_t^2}{4}} - \sqrt{\frac{D_{ш}^2 - h_t^2}{4}} \right] - \frac{1}{2} \left( \frac{D_{ш}}{2} - h_k \right) \sqrt{(D_{ш} - h_k) h_k} + \frac{(D_{ш} + 2\delta)^2}{8} \left[ \arcsin \frac{h_k}{D_{ш} + 2\delta} - \arcsin \frac{h_t}{2(D_{ш} + 2\delta)} \right] + \frac{D_{ш}}{8} \left[ \arcsin \frac{h_k}{D_{ш}} - \arcsin \frac{h_t}{2D_{ш}} \right] \quad (2.12)$$

где  $\delta$  – зазор между шнеком и щитком, м.

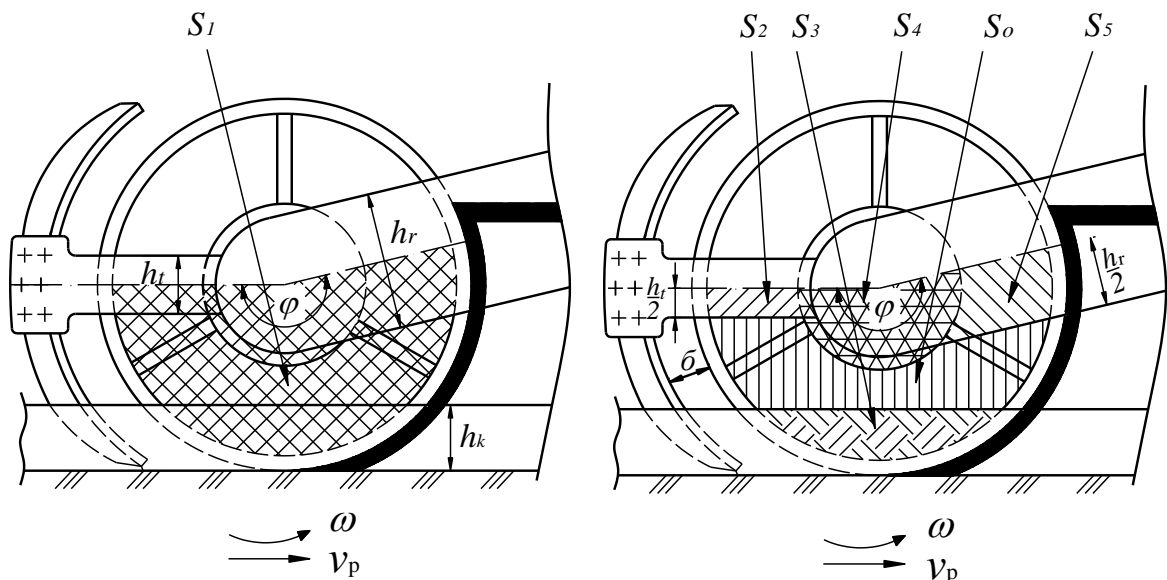


Рисунок 2.7 – Схема к расчету площади сечения погрузочного окна

Максимальная (конструктивная) площадь сечения канала погрузки определяется по формуле [3]:

$$S_h = \frac{\pi}{4}(D_{ш}^2 - d_c^2) - \frac{(D_{ш} - d_c) \cdot \delta_r \cdot N_z}{2 \sin \alpha_h}, \quad (2.13)$$

где  $D_{ш}$  – диаметр шнека исполнительного органа, м;  $d_c$  – диаметр ступицы шнека, м;  $\delta_r$  – толщина лопасти шнека, м;  $N_z$  – число лопастей шнека;  $\alpha$  – угол навивки винта шнека в градусах  $\alpha = \arctg \frac{t_{ш}}{\pi \cdot D}$ , здесь  $t_{ш}$  – шаг винта шнека, м.

«Абсолютная величина реальной площади окон для различных комбайнов в сочетании с конвейерами, отличающимися высотой борта, представлена в формуле 2.11 в виде параметра  $S_o = f(D_{ш}, d_c, h_k, h_r)$ » [52]. Не останавливаясь на детальном анализе этих графиков (см. рисунок 2.7), отметим следующее:

- «для шнеков, вынесенных за пределы корпуса комбайна, зависимости  $S_o = f(D_{ш}, d_c, h_k, h_r)$  имеют практически линейный характер» [52];
- для шнеков, осуществляющих погрузку под корпус комбайна, высота корпуса наиболее существенно уменьшает площадь окна при больших диаметрах шнека, при  $D_{ш} = 1,8$  м почти в 1,5 раза (см. рисунок 2.8);
- «увеличение высоты борта конвейера от 0,224 м до 0,410 м уменьшает полезное сечение окна погрузки почти на  $0,1 \text{ м}^2$  или на 20-36 % в зависимости от диаметра шнека» [52].

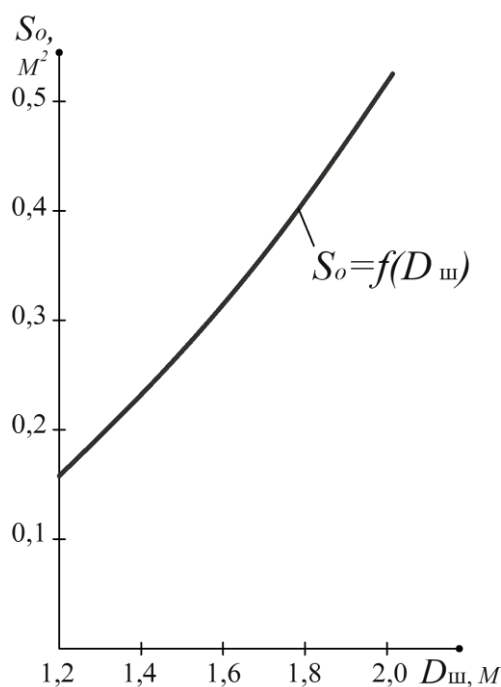


Рисунок 2.8 – Зависимость площади сечения погрузочного окна  $S_o$  от диаметра  $D_{ш}$  шнекового исполнительного органа очистных комбайнов [12]

При вычислении пропускной способности [12] погрузочных окон при средней аксиальной скорости материала было определено, что сечение погрузочных окон является достаточным для гарантии требуемой производительности комбайнов при условии применения рекомендуемых по размеру (диаметру) шнеков. Тем не менее в практических экспериментах наблюдается сочетание различных снижающих производительность факторов таких, как малая частота вращения шнека, боковой крен, наличие подпорного щита, большая скорость подачи и т.д., что могут приводить к заштыбовке шнека из-за недостаточной пропускной способности окна.

## **2.5 Выводы по главе 2**

1. Исследуемый процесс погрузки отстающим ШИО угля на конвейер следует рассматривать состоящим из четырех разных по физико-механической сущности процессов: отделение угля от массива, выгрузка разрушенной массы лопастями винта шнека из зона разрушения, пассивное перемещение разрушенной массы и формирование потока груза на конвейере.

2. Каждый из процессов, различающихся по физико-механической сущности, относится к сложным, а по количеству влияющих факторов – к многофакторным; поэтому принимается комплексный метод исследования, включающий анализ, моделирование и экспериментальные исследования и синтез.

3. Актуально выявление зависимости эффективности процесса погрузки в зоне пассивного перемещения угля от величины зазора между шнеком и конвейером и от площади сечения погрузочного окна.

## ГЛАВА 3 УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫГРУЗКИ УГЛЯ ИЗ ЗОНЫ РАЗРУШЕНИЯ И ПОГРУЗКИ ЕГО НА КОНВЕЙЕР ОТ ПАРАМЕТРОВ ОКНА ПОГРУЗКИ

### 3.1 Циркуляция угля в межлопастном пространстве шнекового исполнительного органа

В настоящее время в очистных комбайнах используется как попутное, так и встречное вращение отстающего шнека. Выбор типа вращения происходит с учётом направления движения резцов в зоне контакта с разрушаемым массивом и скорости подачи комбайна, и, кроме того, от данного выбора зависит расположение отбитого материала внутри шнекового пространства [19, 59, 63]. Тот уголь, при разрушении которого были использованы крайние кутковые резцы, движется далее в свободное межлопастное пространство шнека. В зоне забойных резцов параллельно осуществляются разрушение массива и выгрузка угля в аксиальном направлении рабочими поверхностями лопастей шнека. Наивысшее значение заполнения межлопастного пространства обеспечивается на его выходе.

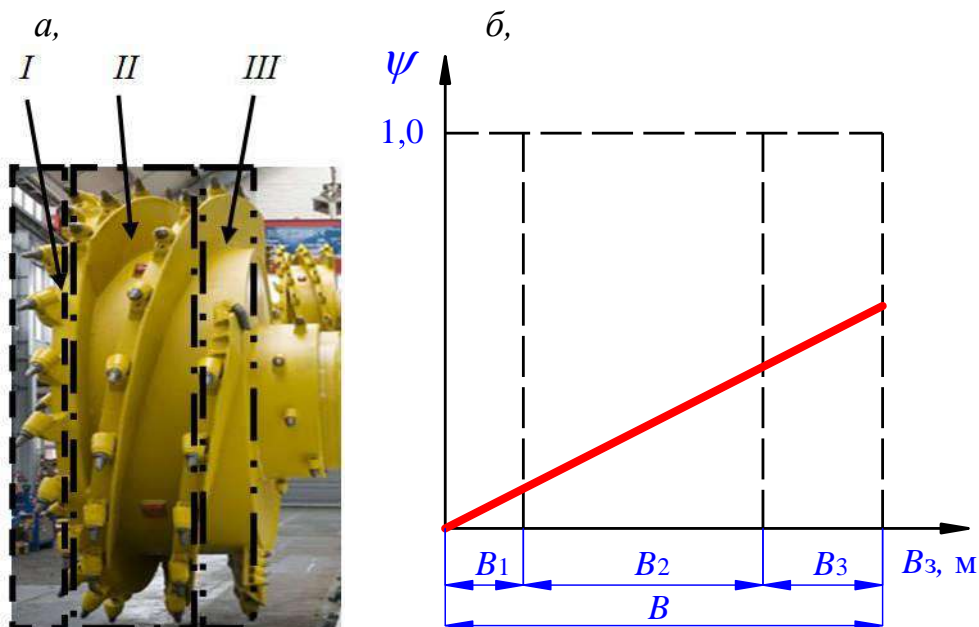


Рисунок 3.1 – Коэффициент заполнения сечения шнека по ширине захвата  $B_3$  при  $v_{п} = \text{const}$ ,  $Q = \text{const}$ ,  $n_{об} = \text{const}$

Рисунок 3.1 демонстрирует, что выгрузка угля производится не по всей

площади сечения шнека, и выбор зоны выгрузки осуществляется в соответствии с имеющимся набором геометрических и режимных параметров шнека. На практике, площадь погрузочного окна определяется диаметром ступицы шнека, высотой борта забойного конвейера и размерами корпуса шнека его редуктора. Ввиду ограниченных размеров окна наблюдается повышение сопротивления перемещению угольного потока, в результате коэффициент заполнения шнека увеличивается [16]. Повышенные местные сопротивления приводят к возникновению и интенсификации циркуляции угля и повышению удельного расхода энергии.

Если рассматривать случай встречного вращения (см. рисунок 2.5, схема *a, в*), то представляется очевидным следующий ряд событий. Как следует из источников [83, 102, 108], по мере того, как возрастает скорость подачи, одновременно происходит увеличение площади потока угля в рабочем пространстве шнека. Закономерным результатом роста высоты потока является усиление циркуляции угля в рабочем пространстве шнекового исполнительного органа.

С физической точки зрения процесс погрузки включает в себя три различных процесса в смежных зонах  $B_1$ - $B_3$  (см. рисунок 3.1, *a*). Коэффициент заполнения и интенсивность циркуляции материала коррелируют с шириной захвата  $B_3$  (см. рисунок 3.1, *б*). В кутковой зоне  $B_1$  поток отделенного от массива угля мал, тело волочения еще не формируется, поэтому своего пика достигают метание, циркуляция и измельчение угля. В зоне разрушения массива забойными резцами  $B_2$  происходит рост коэффициента заполнения шнека и формирование тела волочения. В зоне выгрузки угля на конвейер  $B_3$  наблюдается повышение коэффициента заполнения шнека из-за подпора потока, что является результатом ограниченной пропускной способности погрузочного окна.

Попутное вращение шнека предполагает расположение потока между почвой и щитком (см. рисунок 2.5, схема *б*). Таким образом высота потока оказывается ниже, чем при вращении по встречному пути, а циркуляция

уменьшается, при этом производительность шнеков по отбойке угля остается прежней. Однако, бóльшая площадь потока неизбежно уменьшает его скорость.

В результате проведения анализа исследуемый процесс перемещения угля на конвейер шнековым исполнительным органом следует рассматривать, как состоящий из трёх сопряженных процессов: выгрузки угля из зоны разрушения в кутковой зоне; транспортирования угля лопастями в межлопастном пространстве вдоль шнека по ширине захвата и продавливание сыпучего груза на конвейер через окно погрузки в пассивном режиме (в пассивной зоне).

В области действия лопастей шнека поток материала разделяется на три отдельные части (зоны):  $G_1$  – зона погрузки (окно погрузки),  $G_2$  – зона закрытия корпусом привода шнекового исполнительного органа и  $G_3$  – зона закрытия бортом забойного конвейера на расстоянии  $L$  от лопастей шнека. Определение границ между  $G_1$ , где наблюдается движение потока, и  $G_2$  и  $G_3$ , где оно отсутствует, производится по границе погрузочного окна в направлении аксиального вектора скорости  $V_{ак}$  материала (рисунок 3.2).

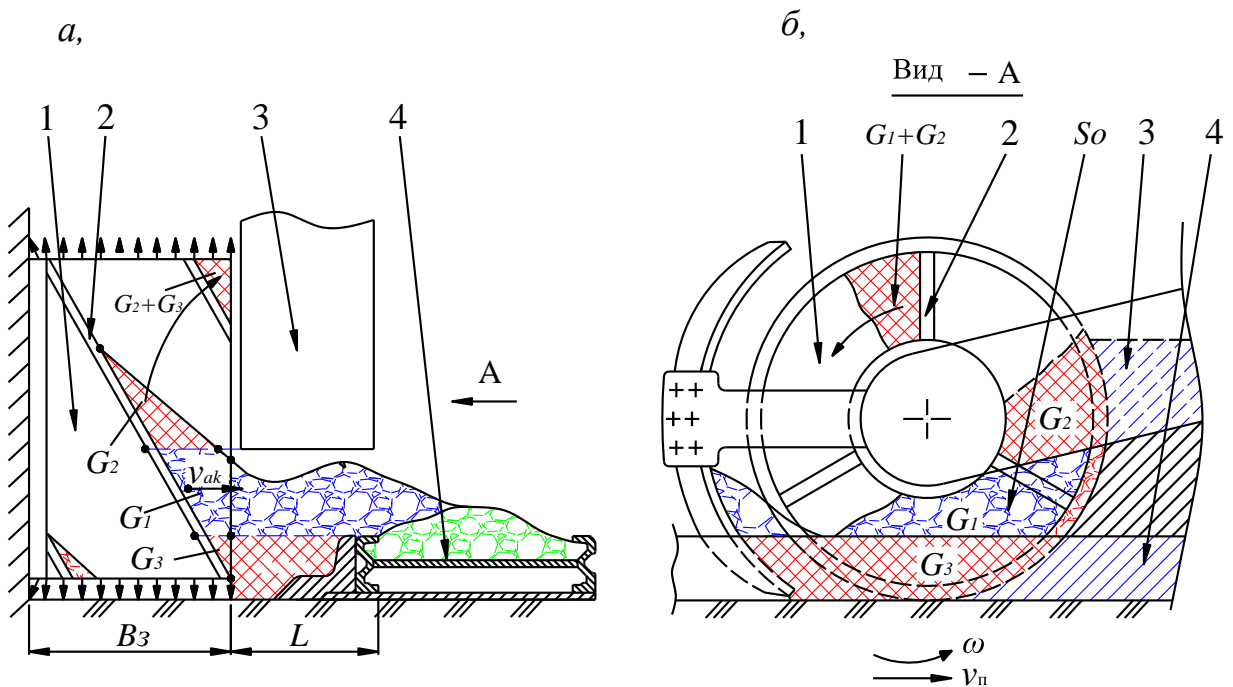


Рисунок 3.2 – Схема расположения угля в погрузочном окне:

1 – шнек; 2 – лопасть шнека; 3 – редуктор; 4 – конвейер;  $S_0$  – площадь погрузочного окна.

Аксиальная скорость потока угля может быть определена по формуле [12]:

$$V_{\text{ак}} = \frac{t_{\text{ш}} \cdot n}{60} \cdot (\cos \gamma_{\text{п}} \cdot \sin \gamma_{\text{п}} + f \cdot \cos^2 \gamma_{\text{п}}), \quad (3.1)$$

где  $t_{\text{ш}}$  – шаг винтовой линии шнека, м;  $n$  – частота вращения шнека,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $\gamma_{\text{п}}$  – угол наклона винтовой линии (лопасти) шнека;  $f$  – коэффициент трения материала по лопасти.

При этом следует учитывать, что в окно поступает только та часть угля, которая находится в зоне  $G_1$ . Та часть, которая соответствует зонам  $G_2$  и  $G_3$ , транспортируется к разгрузочной стороне лопасти и окажется выгруженной только при следующем подходе лопастей шнека к месту выгрузки. По существу, это значит, что та часть материала, которая располагается в зонах  $G_2$  и  $G_3$ , оказывается переброшенной на нерабочую сторону шнека и, в зависимости от наличия или отсутствия подпорного щитка, либо остается непогруженной, либо возвращается в циркуляционный процесс во время повторной погрузки, как уже было показано ранее.

Как видно из рисунка 3.2, объем циркулирующего угля может быть вычислен по формуле:

$$V_{\text{ц1}} = V_2 + V_3. \quad (3.2)$$

где  $V_2, V_3$  – объемы угля в зонах  $G_2$  и  $G_3$ , не поступающие в погрузочное окно,  $\text{м}^3$ .

«Отношение объемов  $V_{\text{ц1}}$  к исходным объемам отбитого угля является количественной оценкой объёма циркулирующего угля в шнеке из-за влияния размера площади сечения погрузочного окна» [16].

Рисунок 3.3 наглядно демонстрирует, каким образом производительность шнекового исполнительного органа коррелирует с коэффициентом заполнения сечения шнека. На графике продемонстрированы две кривые зависимости, линия 1 и линия 2 – зависимости производительности шнека по отбитому и циркулирующему углю (величины  $Q_{\text{тр}}$  и  $Q_{\text{ц}}$  соответственно определяют производительность по отбитому и циркулирующему материалу). Для полноты

картины в анализ включено также значение  $\psi_{нmax}$  (коэффициент заполнения). Следует иметь в виду, что возможно значительное возрастание объема циркулирующего материала в случае перехода данным коэффициентом некоторого своего критического значения.

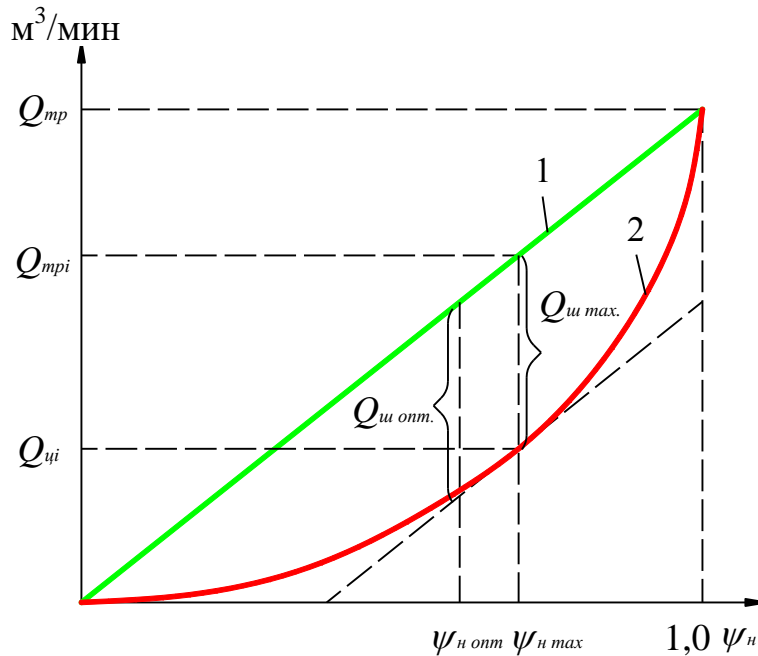


Рисунок 3.3 – Зависимость производительности шнекового исполнительного органа по отбитому  $Q_{тр}$  и циркулирующему углу  $Q_{ц}$  от коэффициента заполнения сечения шнека [63]

Для оценки интенсивности циркуляции материала применяется коэффициент циркуляции  $k_{ц}$ , независимый от коэффициента заполнения  $\psi_{н}$ :

$$k_{ц} = \frac{Q_{ц}}{Q_{тр} - Q_{ц}}, \quad (3.3)$$

где  $Q_{тр}$  – производительность шнекового исполнительного органа по отбойке, м<sup>3</sup>/мин;  $Q_{ц}$  – производительность шнека по циркулирующему материалу, м<sup>3</sup>/мин.

Основными параметрами, влияющими на степень заполнения сечения шнека, являются диаметры ступицы и шнека. По мере всё более полного заполнения шнека коэффициент циркуляции также увеличивается, что было подтверждено исследованиями [61]. В свою очередь, коэффициенты  $k_{ц}$  и  $\psi_{н}$  (интенсивность циркуляции и коэффициент заполнения, соответственно),

помимо диаметра шнека, также в значительности степени зависят от скорости подачи комбайна. К параметрам, определяющим интенсивность циркуляции относится также метательная способность шнека, увеличивающаяся по мере увеличения угла подъема винтовой линии. Это вызвано тем, что составляющие перебрасывающих материал усилий  $p_r$  и  $p_\theta$  (рисунок 2.5) растут с увеличением угла подъема винтовой линии  $\alpha$ .

Существует также зависимость между коэффициентом циркуляции и метательной способностью шнека. Последняя увеличивается по мере возрастания угла подъема винтовой линии, как видно из рисунка 3.4, ввиду того, что составляющие перебрасывающих материал усилий растут вместе с увеличением  $\alpha$  (рисунок 1.12). Минимум кривой достигается при значениях  $\alpha$  порядка  $18 \div 23^\circ$  [63].

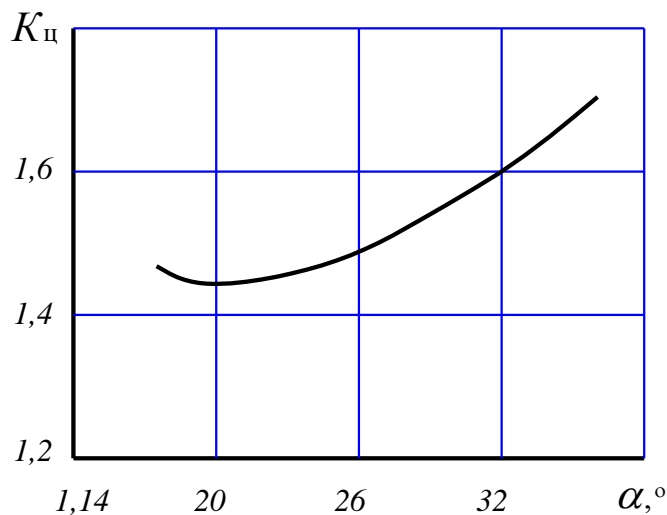


Рисунок 3.4 – Зависимость коэффициента циркуляции  $k_{ц}$  от среднего значения угла  $\alpha$  подъема лопасти шнека

### 3.2 Циркуляция угля в пространстве между шнеком и бортом конвейера

Уголь в переходной зоне под воздействием лопастей приводится в движение, что сопровождается уплотнением угля, его дополнительным измельчением и циркуляцией (рисунок 3.5). На схеме показан общий случай погрузки угля при угле залегания пласта  $\beta$ . После прохода зоны погрузки очередной лопастью шнека верхняя теоретическая граница разрушенного

материала определяется углом  $\rho$  естественного откоса, образованного под действием силы тяжести, и внутреннего трения, высотой заполнения переходной зоны углём между шнеком и конвейером ( $h_2$ ). Эта граница проходит по линии скольжения  $a'b'c'$ . Входящая в зону погрузки очередная лопасть подхватывает рассыпавшийся уголь в области  $a'b'e'$  и вытесняет его вверх и в сторону конвейера.

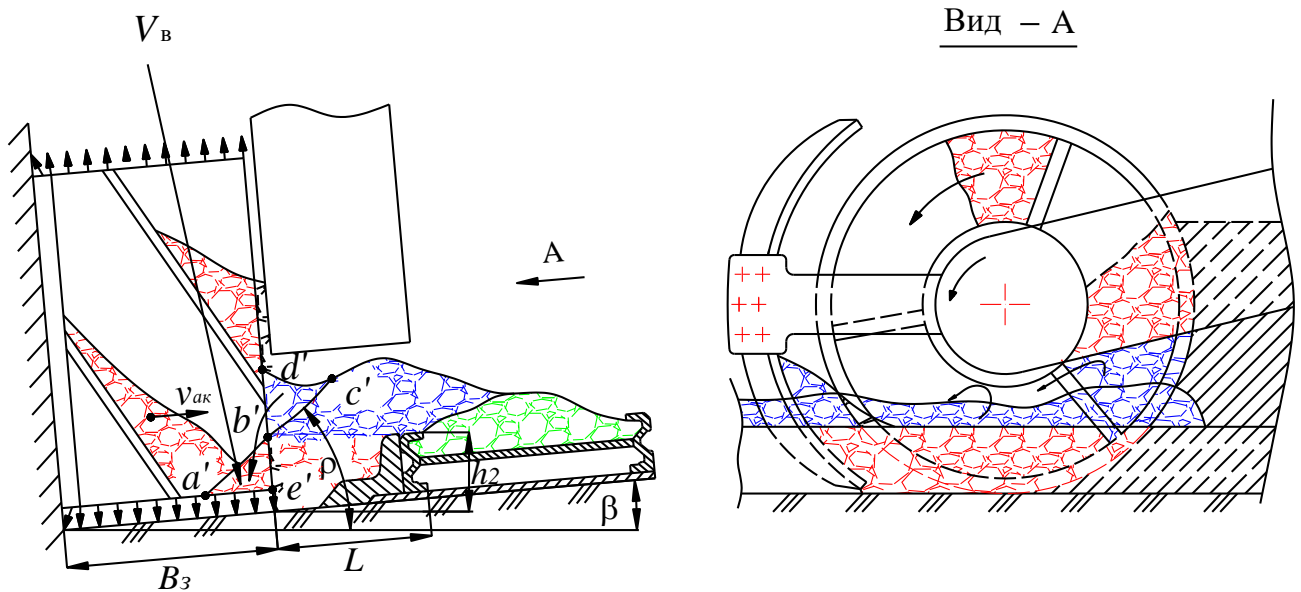


Рисунок 3.5 – Схема циркуляции угля в переходной зоне

Циркулирующий объем угля из зоны разрушения под воздействием лопастей вытесняется к переходной зоне и впоследствии перемещается на забойный конвейер. Увеличение расстояния между шнеком и конвейером  $L$  (рисунок 3.5) означает увеличение ширины буферной зоны, что приводит к повышению сопротивления перемещению угля и снижению скорости потока увеличению недогружённого угля [83].

Количественная оценка описанного процесса циркуляции может быть представлена коэффициентом циркуляции, равным отношению циркулирующего объема к объему поступающего в шнек угля из зоны разрушения, в виде:

$$k_{\text{цк}} = \frac{N \cdot V_B}{V_P}, \quad (3.4)$$

где:  $N$  – число лопастей шнека;  $V_B$  – объем угля, циркулирующий после

прохода каждой лопасти,  $\text{м}^3$ :  $V_B = V_{ц1} + V_{ц2}$ ;  $V_p$  – объем вновь поступившего материала из зоны разрушения за время одного оборота шнека,  $\text{м}^3$ .

Если  $k_{цк} = 1$ , то объем вновь разрушенного материала будет равен объему возвратившегося в шнек материала.

На рисунке 3.6 представлена схема общего случая процесса погрузки материала на забойный конвейер шнековым исполнительным органом с шириной захвата  $B_3$ . После прохода очередной лопастью шнека зоны разгрузки верхняя теоретическая граница потока разрушенного материала определяется углом естественного откоса  $\rho$  и высотой  $h_z$  бункеризации материала в зоне между шнеком и конвейером. Материал, оказавшийся в процессе погрузки выше линии скольжения  $n-n$ , уносится скребками конвейера из зоны погрузки, что приводит к снижению коэффициента заполнения желоба конвейера.

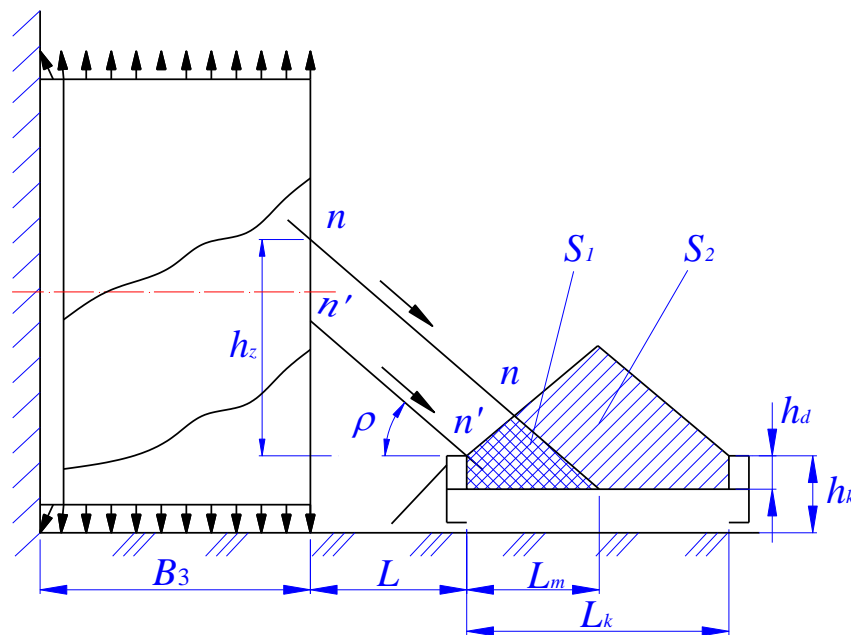


Рисунок 3.6 – Схема формирования потока груза на конвейере

Эффективность процесса погрузки зависит от расстояния, на которое выходит поток угля на конвейер  $L_m$  (рисунок 3.6), которое может быть определено по формуле:

$$L_m = \frac{h_z + h_d}{\text{tg } \rho} - L, \quad (3.5)$$

где  $\rho$  – угол естественного откоса, градус;  $h_z$  – превышение верхним уровнем потока груза забойного борта конвейера, м;  $L$  – расстояние по почве между

шнеком и конвейером, м.

Коэффициент заполнения желоба конвейера в зоне погрузки может быть определен по формуле:

$$K_k = \frac{S_1}{S_2} = \frac{\frac{1}{4} \left( L_m + \frac{h_d}{\operatorname{tg} \rho} \right)^2 \cdot \operatorname{tg} \rho - \frac{h_d^2}{\operatorname{tg} \rho}}{\frac{1}{4} L_k^2 \cdot \operatorname{tg} \rho + h_d \cdot L_k}, \quad (3.6)$$

где  $S_1$  – фактическая площадь сечения потока погрузки на конвейер, м<sup>2</sup>;  $S_2$  – максимальная площадь сечения потока угля на конвейере, м<sup>2</sup>;  $h_d$  – высота желоба конвейера, м;  $L_m$  – расстояние, на которое поток угля при погрузке заполняет желоб конвейера, м;  $L_k$  – ширина желоба конвейера, м.

Из формул (3.5 и 3.6) следует, что чем большую часть  $L_k$  ширины желоба конвейера покрывает поток груза, тем больше значение коэффициента  $K_k$ .

Уменьшение высоты борта забойного конвейера  $h_k$  приводит к снижению объема циркулирующего угля. Если приток угля в шнек из зоны отделения угля от массива отсутствует, то циркуляция угля в рассматриваемом объеме теоретически будет длиться бесконечно. Однако, в данном случае большую роль играет также метательная способность лопастей, и это приводит к тому, что в переходной зоне при небольшой высоте материала снижается и циркулирующий объем [93].

Формализация и математическое моделирование процесса выгрузки разрушенного материала осуществляется на основе кинематических моделей, учитывающих угловые размеры разгрузочного окна и погружаемого материала на выходном сечении лопасти шнека, его ширину захвата и число заходов, режим выгрузки и условия заштыбовки рабочего органа.

Если ширина захвата не превышает некоторого критического значения, то возможно повышение производительности погрузки за счет дозаполнения рабочего объема шнека углем из зоны разрушения. В противном случае, в момент перехода значения величины за пределы её критического значения, наблюдается дозаполнение выходного сечения шнека циркулирующей массой, в результате чего допустимая производительность рабочего органа по

разрушению массива резцами оказывается ограниченной.

В выходном сечении шнекового исполнительного органа очистного комбайна имеется некоторая постоянная по среднему расходу величина «паразитного» потока разрушенного угля, который возвращается из переходной зоны с частотой, пропорциональной произведению числа лопастей шнека и частоты вращения шнека, и частично заполняет указанное выходное сечение. Снижение доли указанного потока в общем потоковом балансе происходит по мере повышения скорости подачи и ширины захвата.

В процессе изменения ширины захвата и скорости подачи остается постоянным некоторый объем циркулирующей массы разрушенного угля, обеспечивающий баланс потоков на входе и выходе шнека. Этот параметр определяется по геометрическим параметрам окна выгрузки и аксиальной скорости потока угля в зоне погрузки. Впоследствии с его помощью можно определить аналитическую связь между скоростью подачи и шириной захвата рабочего органа по фактору погрузочной способности.

### **3.3 Способ расчета производительности отстающего шнека по погрузке**

На рисунке 3.7 представлена схема движения потоков материала в зоне работы комбайна, отображена роль погрузочных щитов в улучшении погрузочных способностей отстающего шнека.

В процессе погрузки отстающий шнек лопастями вытесняет разрушенную массу угля последовательно из зоны разрушения массива через переходную зону *B* на конвейер (в зону *D*). Поток преодолевает линии скольжения *a-a* (рисунок 3.7) и поступает в зону *C* (на конвейер) под давлением в потоке, создаваемым вращающимся шнеком [84], часть объема угля остается на почве (зоне *A*) за очистным комбайном.

Производительность по погрузке угля на конвейер отстающим шнековым исполнительным органом, с учетом формируемых потоков и характера выгрузки угля лопастями шнека (рисунок 3.7), определяется по формуле (3.7):

$$Q_k = Q_{ш} - Q_{п} - Q_{ос}, \quad (3.7)$$

где  $Q_{ш}$  – расчетная производительность шнека, м<sup>3</sup>/мин;  $Q_k$  – производительность погрузки на конвейер шнеком;  $Q_{ос}$  – интенсивность формирования слоя непогруженного угля, м<sup>3</sup>/мин;  $Q_{п}$  – объем угля под конвейером (потери), м<sup>3</sup>/мин.

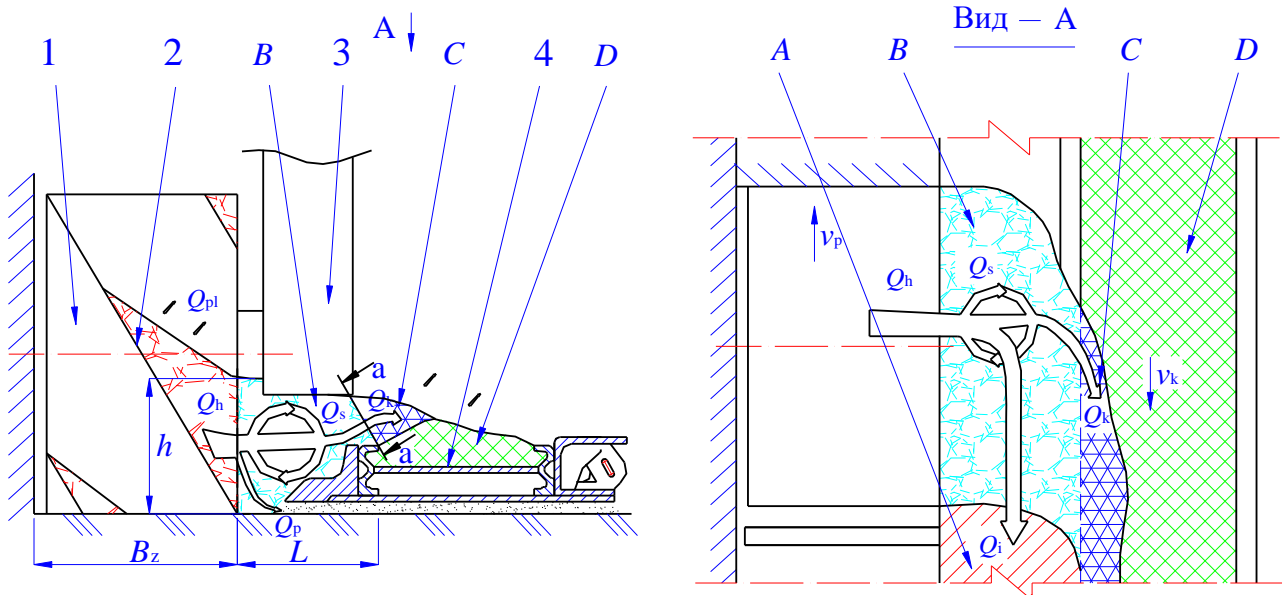


Рисунок 3.7 – Схема процесса формирования потоков угля в процессе погрузки его на забойный конвейер: зона А – слой угля, оставшегося в зазоре между шнеком и конвейером; зона В – поток, перемещаемый в зазоре между конвейером и шнеком; зона С – поток угля, поступающий на конвейер; зона D – поток угля на конвейере; 1 – шнек; 2 – лопасть шнека; 3 – редуктор; 4 – конвейер

Анализируя выражение (3.7), следует отметить, что каждое значение  $Q_{п}$  меньше, чем значение производительности  $Q_{ос}$ . Интенсивность образования слоя непогруженного угля может быть определена по выражению [16, 92]:

$$Q_{ост.} = v_{п} \cdot L \cdot h, \quad (3.8)$$

где  $v_{п}$  – скорость подачи очистного комбайна, м/мин;  $L$  – расстояние между шнеком и конвейером, м;  $h$  – высота слоя угля в зазоре между шнеком и конвейером (рисунок 3.7).

Чем больше расстояние ( $L$ ) от шнекового исполнительного органа до конвейера, которое обусловлено особенностями компоновки узлов

сопрягаемого оборудования, тем больше сопротивление движению потока угля в процессе его погрузки на конвейер. Из формулы (3.8) следует, что чем короче путь перемещения ( $L$ ) разрушенной массы до конвейера, тем меньше объём непогруженного угля, тем выше эффективность процесса погрузки. Однако в современных конструкциях очистных комбайнов и конвейеров это расстояние ( $L$ ) составляет 0,3 м и более. Уменьшение этого зазора между шнеком и конвейером затруднено из-за конструктивных особенностей их компоновки.

### 3.4 Влияние структуры и параметров погрузочно-транспортующих устройств очистного комбайна на эффективность погрузки угля

Геометрические, конструктивные, режимные параметры шнека и погрузочно-транспортующих устройств (рисунок 3.8) являются важными параметрами, которые влияют на эффективность погрузки угля. Они могут изменяться при совершенствовании процесса погрузки угля на конвейер.

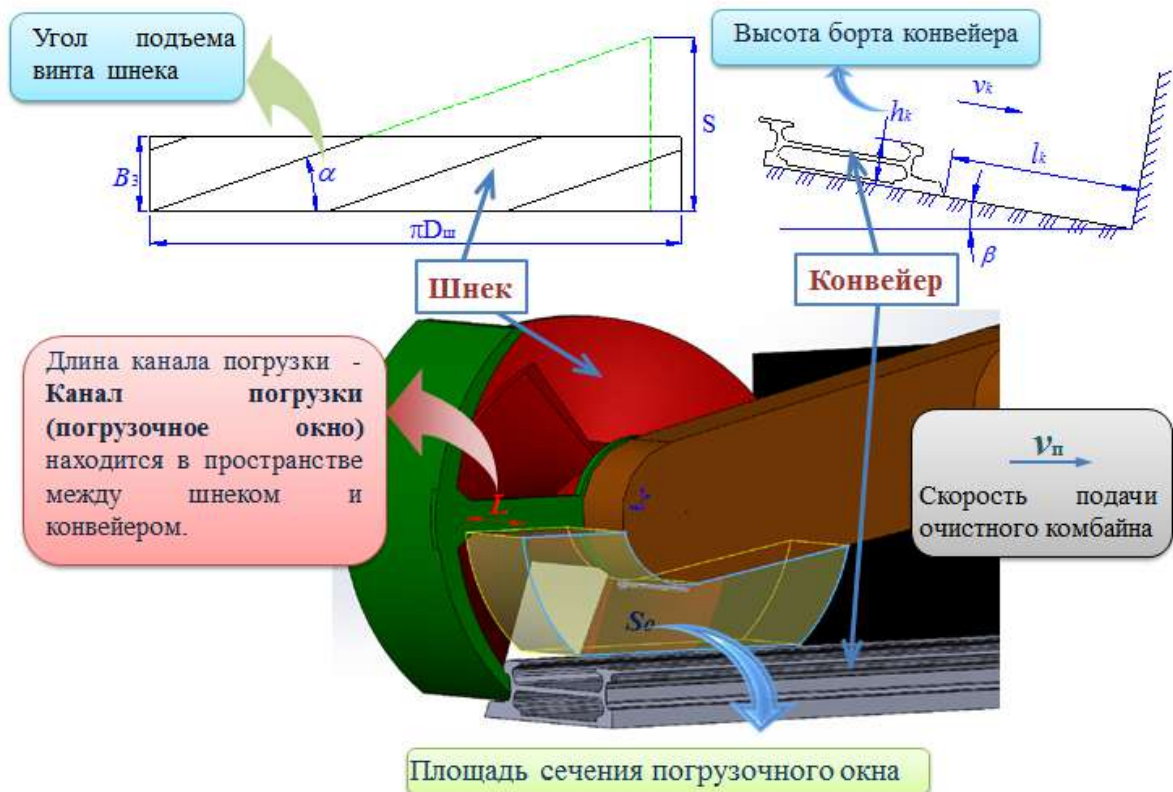


Рисунок 3.8 – Основные параметры погрузочно-транспортующих устройств очистного комбайна

Моделирование процесса погрузки угля проводится с целью оценки

эффективности процесса погрузки угля на конвейер очистным комбайном с изменением следующих параметров: размеров площади сечения погрузочного окна, зазора между шнеком и конвейером, скорости подачи очистного комбайна и углов навивки лопастей шнека. При моделировании использована программа EDEM 3D. В качестве показателей эффективности процесса принята производительность ( $Q_k$ ) шнека по погрузке угля.

При моделировании были приняты параметров дисперсной массы: средний диаметр частицы – 0,03 м; коэффициент трения частиц в угольной дисперсной массе - 0,8; коэффициент трения угольной массы по металлу - 0,3; жесткость частиц  $c_{\text{ч}} = 1 \times 10^4$  Нм и угол естественного откоса материала  $\rho = 35^\circ$ .

Результаты моделирования процесса погрузки угля на конвейер приведены на рисунках 3.9-3.12 [96]:

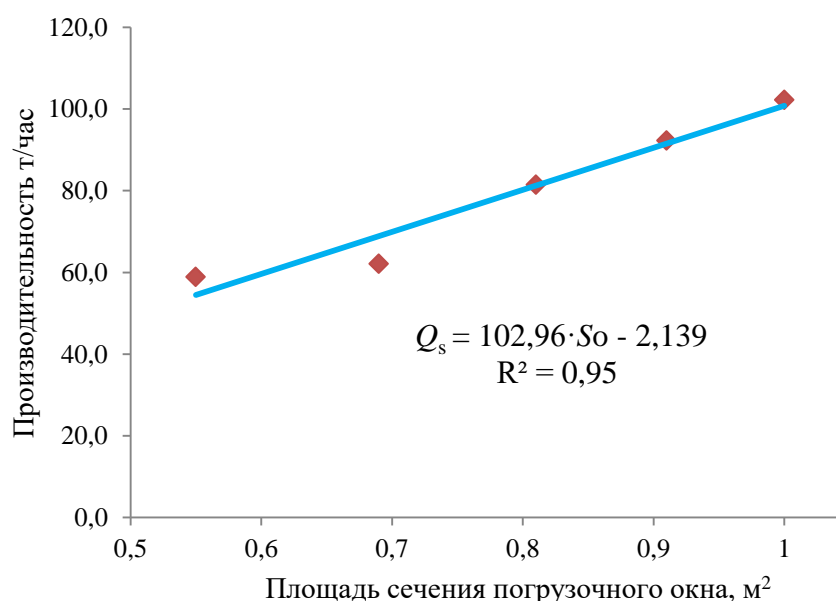


Рисунок 3.9 – Зависимость производительности отстающего шнека по погрузке от площади сечения погрузочного окна. (Приняты значения параметров: диаметр шнека – 1,8 м; диаметр ступицы – 0,6 м; угол подъема винта шнека  $\alpha = 20^\circ$ ; количество лопастей – 3; толщина лопасти – 0,05 м; ширина захвата – 0,8 м; высота борта конвейера  $h_k = 0,35$  м; ширина решетки конвейера – 0,8 м; длина погрузочного окна – 0,35 м; частота вращения – 50 мин<sup>-1</sup>; скорость подачи – 4 м/мин)

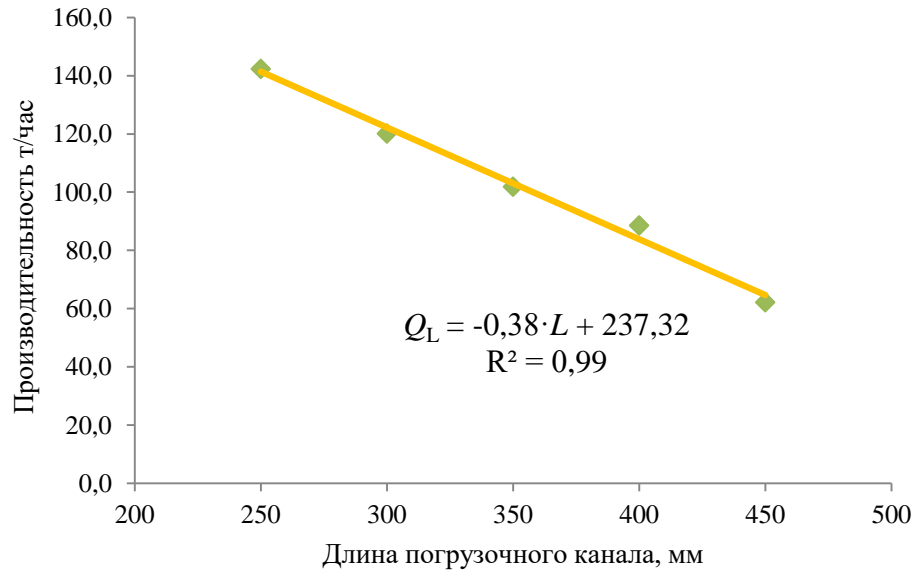


Рисунок 3.10 – Зависимость производительности отстающего шнека по погрузке от длины погрузочного окна. (Приняты значения параметров: диаметр шнека – 1,8 м; диаметр ступицы – 0,6 м; угол подъема винта шнека  $\alpha = 20^\circ$ ; количество лопастей – 3; толщина лопасти – 0,05 м; ширина захвата – 0,8 м; высота борта конвейера  $h_k = 0,35$  м; ширина рештака конвейера 0,8 м; частота вращения –  $50 \text{ мин}^{-1}$ ; скорость подачи 4 м/мин; площадь сечения погрузочного окна –  $0,69 \text{ м}^2$ )

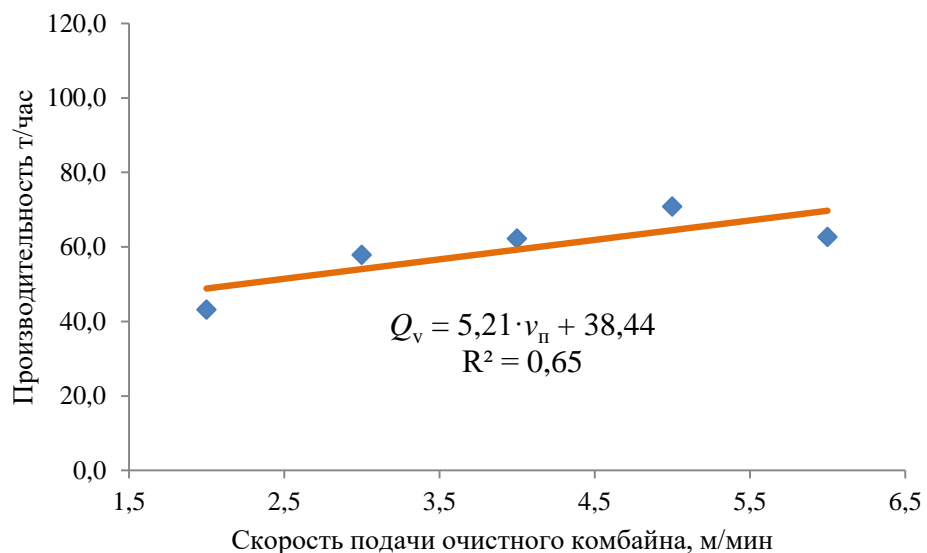


Рисунок 3.11 – Зависимость производительности отстающего шнека по погрузке от скорости подачи. (Приняты значения параметров: диаметр шнека – 1,8 м; диаметр ступицы – 0,6 м; угол подъема винта шнека  $\alpha = 20^\circ$ ; количество

лопастей – 3; толщина лопасти – 0,05 м; ширина захвата – 0,8 м; высота борта конвейера  $h_k = 0,35$  м; ширина рештака конвейера 0,8 м; длина погрузочного окна – 0,35 м; частота вращения –  $50 \text{ мин}^{-1}$ ; площадь сечения погрузочного окна –  $0,69 \text{ м}^2$ )

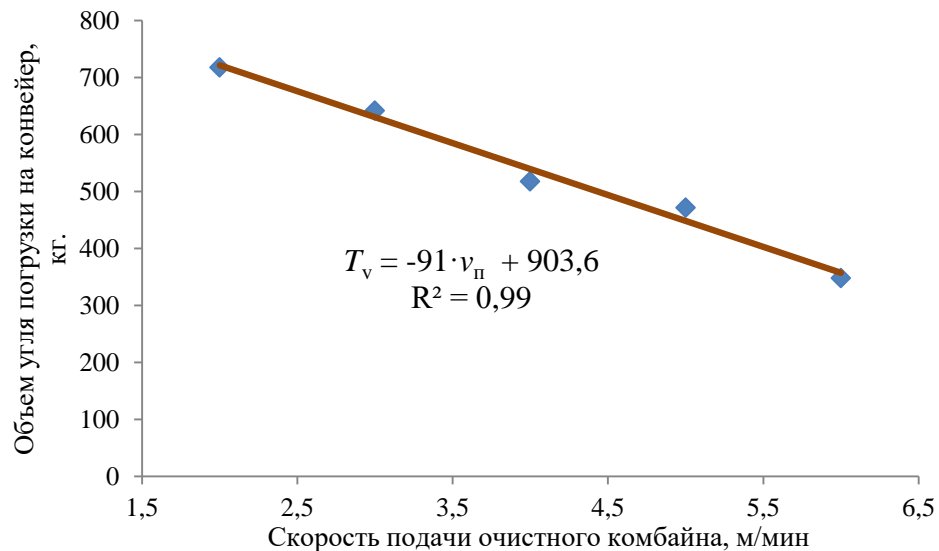


Рисунок 3.12 – Зависимость объема погруженного угля на конвейер от времени. (Приняты значения параметров: диаметр шнека – 1,8 м; диаметр ступицы – 0,6 м; углы подъема винта шнека  $\alpha = 20^\circ$ ; количество лопастей – 3; толщина лопасти – 0,05 м; ширина захвата – 0,8 м; высота борта конвейера  $h_k = 0,35$  м; ширина рештака конвейера 0,8 м; длины погрузочного окна – 0,35 м; частота вращения –  $50 \text{ мин}^{-1}$ ; площадь сечения погрузочного окна –  $0,69 \text{ м}^2$ )

По результатам моделирования можно сделать следующие выводы: увеличение сечения площади погрузочного окна от  $0,55$  до  $1,00 \text{ м}^2$  повышает производительность по погрузке более чем в 1,7 раза; увеличение зазора от 0,25 до 0,45 м снижает производительность по погрузке более чем в 2,3 раза; увеличение скорости подачи от 2 до 6 м/мин повышает производительность по погрузке более чем в 1,5 раза.

Повышение эффективности процесса погрузки может быть достигнуто комплексным техническим решением, направленным на снижение сопротивления движению потока угля, снижение циркуляции угля в потоке, достижение полноты зачистки почвы и загрузки, и формирование рационального сечения потока угля на конвейере.

### 3.5 Влияние параметров забойного конвейера на эффективность процесса пассивной погрузки

Недостатки фронтальных лемехов забойных конвейеров связаны непосредственно с механическими процессами, происходящими при внедрении в штабель материала (рисунок 3.13). В целом пассивная погрузка угля конвейером, по физико-механической её сущности, относится к сложным, многофакторным процессам. Существенное влияние на исследуемый процесс оказывают угол падения пласта, линии забоя и направления передвижения забоя, геометрические параметры пласта, параметры исполнительных органов комбайна, забойного конвейера и их режимов работы [46, 61].

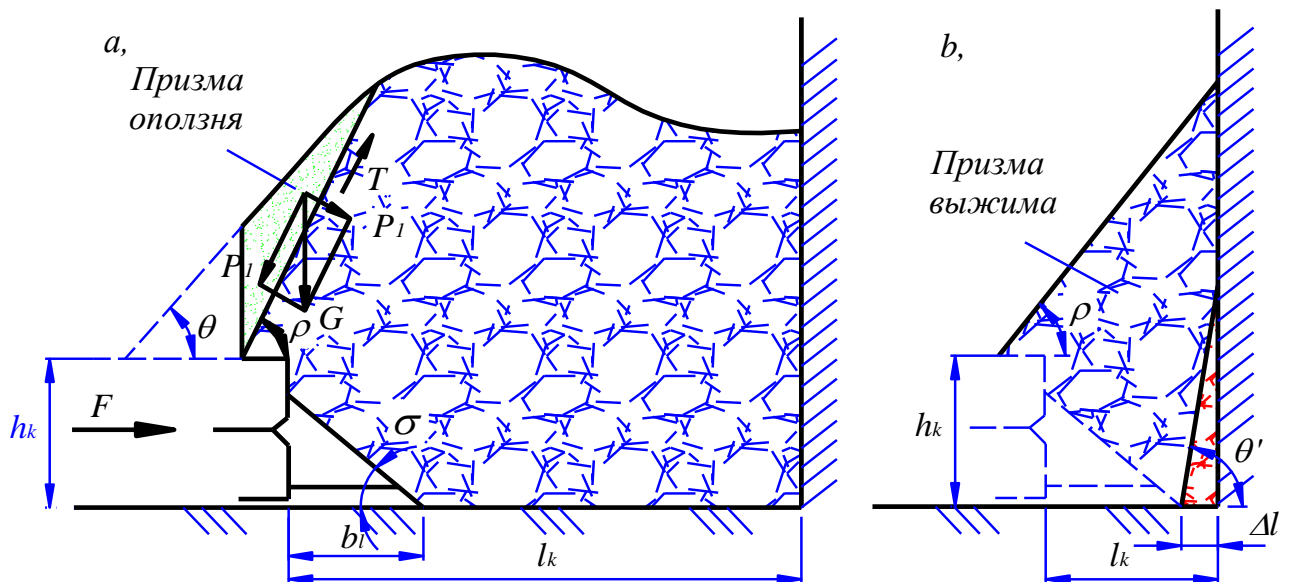


Рисунок 3.13 – Схема процесса пассивной погрузки угля на конвейер:

$a$  – призма оползня;  $b$  – призма выжима

Сравнение полученных величин неподвижки  $l_k$  с аналогичными результатами, полученными другими исследователями применительно к конвейеру без лемеха, показывает, что лемех практически не дает выигрыша по этому параметру, но позволяет в несколько раз уменьшить усилие передвижки на первой, и, частично, на второй стадиях. Плоскость скольжения между призмой выжима и уплотненным ядром в критическом положении наклонена к почве под углом  $\theta'$  (3.9):

$$\theta' = [\pi - (\sigma + \arctg f_1 + \arctg f_2)], \quad (3.9)$$

где  $\sigma$  – угол наклона активной поверхности лемеха к почве, градус;  $f_1$  – коэффициент трения угля по лемеху;  $f_2$  – коэффициент внутреннего трения угля в насыпи.

Расстояние от борта до поверхности забоя после передвижки конвейера будет равно:

$$l_k = \frac{h_k \cdot (\operatorname{tg} \rho + \operatorname{tg} \sigma)}{(\operatorname{tg} \theta' - \operatorname{tg} \rho) \cdot \operatorname{tg} \sigma}, \quad (3.10)$$

где  $h_k$  – высота борта конвейера;  $\rho$  – угол обрушения призмы выжима.

Ширину лемеха можно представить в виде:

$$b_1 = \frac{h_k}{\operatorname{tg} \sigma}. \quad (3.11)$$

Из формул (3.9-3.11) следует очевидный факт, что уменьшение угла  $\sigma$  позволяет плотнее придвинуть конвейер к забою и приводит к увеличению ширины лемеха  $b_1$ , которая определяет минимально возможное расстояние от борта конвейера до забоя. Из рисунка 3.13 следует противоречивость требований, предъявляемых к конструкции лемеха. При высоте борта  $h_k = 0,25-0,35$  м и среднестатистических свойствах угля ( $f_1, f_2, \rho$ ) ширина  $b_1$  определена по формуле (3.10) и соответствует случаю, когда активная плоскость лемеха проходит через крайнюю кромку борта конвейера. Из построения схемы видно (рисунок 3.13), что уменьшение угла  $\sigma$  до величин менее  $50^\circ$  не имеет смысла, так как ширина лемеха становится больше величины неподвижки  $l_k$ . Остаток непогруженного шнеками угля в идеальном варианте должен исключать вероятность образования уплотненного ядра в конце хода передвижки.

Для выявления особенностей этого процесса было проведено его моделирование с использованием программы EDEM 3D [83, 90]. При моделировании были приняты следующие значения исходных данных: диаметр частиц разрушенной массы 0,03 м, коэффициент трения частиц в потоке 0,8; коэффициент трения частиц о стенку 0,3; угол естественного откоса материала  $\rho = 35^\circ$ ; высота борта конвейера  $h_k = 0,35$  м, ширина рештака конвейера 0,8 м; расстояние перемещения конвейера к забою (шаг передвижки) 0,8 м; скорость

передвижения става конвейера на забой – постоянная и равна 0,25 м/с; угол наклона става конвейера к горизонтали  $\beta = 15^\circ$ .

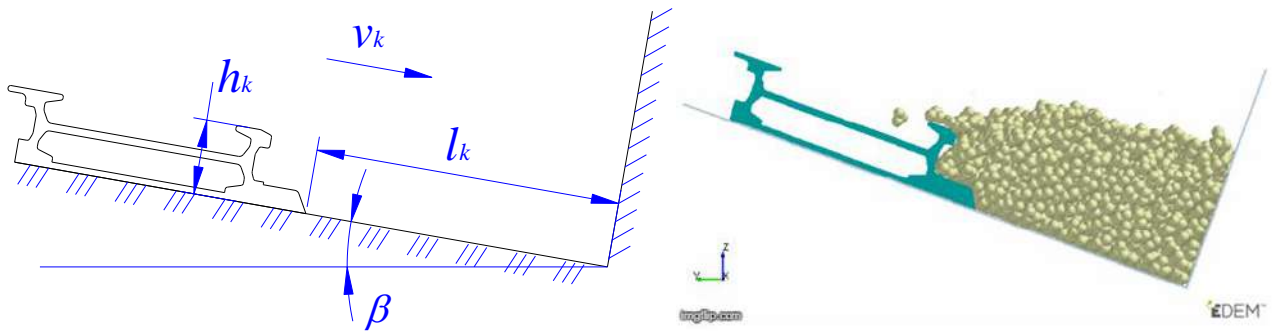


Рисунок 3.14 – Моделирование с использованием программы EDEM 3D процесса самопогрузки угля на конвейер при его передвижке к забою

Результаты моделирования (рисунок 3.15) отражают наличие двух стадий внедрения конвейера в штабель.

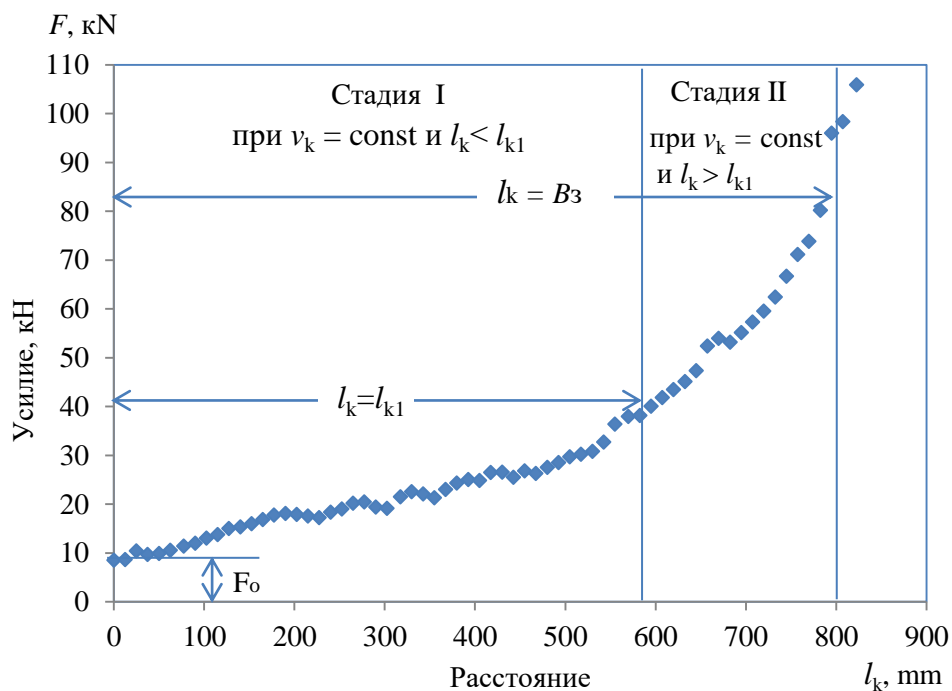


Рисунок 3.15 – Зависимость усилий в гидроцилиндрах от перемещения конвейера на забой

На стадии I, соответствующей призме оползня (рисунок 3.13, а), силу сопротивления перемещению конвейера можно принять прямо пропорциональной перемещению става конвейера по горизонтали к поверхности забоя (до  $l_{k1} = 0,58$  м). На стадии II (рисунок 3.15), соответствующей призме выжима (рисунок 3.13, б) и образованию

уплотненного ядра, сопротивление перемещению конвейера нелинейно возрастает после 0,58 м. При некотором минимальном расстоянии до забоя  $\Delta l$  (рисунок 3.13) уплотнённое ядро можно рассматривать как твердое тело из-за значительного увеличения сопротивления передвижению конвейера.

Исходя из изложенного сформулированы следующие требования конструкции конвейера:

- снижение сопротивления самопогрузке угля на конвейер без образования ядра уплотнения при фронтальной его передвигке;
- форма скребков и их устойчивое положение по оси желоба конвейера при транспортировании разрушенной массы угля должны способствовать формированию максимального сечения потока груза;
- конструкция скребков при движении цепи должна приводить к самоцентрированию потока груза по оси желоба конвейера;
- конструкция скребков обеспечит удобство их монтажа, замены и формирования частоты установки скребков в цепи в зависимости от положения к горизонтали става конвейера и направления потока груза.

### **3.6 Влияние угла подъема лопастей шнека на интенсивность погрузки угля на конвейер**

#### ***3.6.1 Моделирование процесса перемещения угля в межлопастном пространстве шнека***

Исследования, проводимые с целью поиска технических решений повышения эффективности процесса добычи, в основном были сосредоточены на анализе процессе резания. При этом недостаточное внимание было уделено погрузке угля на забойный конвейер [16, 78, 91], как комплексному процессу, обеспечивающему в совокупности процессы отделения угля от массива, выгрузки угля из зоны разрушения, транспортирования угольной массы шнеком и погрузки её на конвейер.

Если коэффициент заполнения рабочего пространства горизонтальных или слабонаклонных шнековых погрузочно-транспортирующих механизмов не

превышает 0,3-0,4, то передвижение сыпучего материала происходит с образованием тела волочения перед каждой лопастью. Внутри тела волочения наблюдаются циркуляционные процессы, причиной которых является различие в направлениях сил тяжести, инерции и трения. Это, в конечном итоге, и приводит к возникновению главного недостатка шнековых транспортеров – повышенных энергозатрат на транспортировку материала и его вторичное доизмельчение.

На эффективность процесса погрузки влияют геометрические, конструктивные и режимные параметры шнека, свойства транспортируемого материала и условия погрузки (углы наклона оси шнека к горизонтали и падения пласта, ширина захвата, высота борта конвейера и др.). Типичным явлением в процессе работы горных машин является изменение в широком диапазоне угла наклона оси шнека, условий погрузки и свойств материалов. Это приводит к увеличению или уменьшению значений показателей эффективности процесса: производительности ( $Q_k$ ), удельного расхода энергии ( $H_w$ ) и вторичного измельчения угля (гранулометрического состава,  $W_d$ ).

«Процессы формирования потока угля в шнеке и транспортирования его в межлопастном пространстве шнека наиболее исследованы, обоснованы методики расчета параметров процесса выгрузки и выбора параметров шнека. Однако недостаточно исследовано влияние угла навивки лопастей шнека и влажности угля на характер движения дисперсной массы угля, на её циркуляцию и на измельчение угля» [5, 106].

«Исходя из этого производительность и удельный расход энергии можно рассматривать в качестве критериев оценки оптимальности процесса погрузки и использовать их для выбора или корректировки угла навивки лопастей шнека. Необходимо отметить еще одно полезное свойство производительности и удельного расхода энергии, заключающееся в том, что оно позволяет дифференцировать режимы работы шнеков с разными углами установки лопастей шнека. Эта особенность имеет большое значение при моделировании процессов погрузки дисперсной массы шнеками, позволяющими ускорить и

удешевить экспериментальные исследования» [29].

«Учитывая актуальность исследований, сложность и затратность экспериментальных производственных и лабораторных опытов на реальных объектах и образцах техники, исследование процессов погрузки и транспортирования угля в межлопастном пространстве шнекового исполнительного органа было проведено в виде моделирования процесса с использованием программы EDEM 3D» [29].

«Моделирование условий работы, близких к реальным во всём их многообразии, нецелесообразно. Общая сложная задача при моделировании может быть разделена на частные и решаться по отдельности. Метод моделирования наиболее удобен при решении именно таких многовариантных задач. Однако необходимо иметь в виду, что специалистам при конструировании приходится оценивать все возможные ситуации, схемы и их сочетания с целью выбора приемлемого обобщённого технического решения и воплощения его в реальной конструкции» [29].

«Если повышение степени соответствия геометрических и режимных параметров натуры и модели обычно не представляет проблем, то моделирование транспортируемого материала по плотности и коэффициентам трения достаточно сложно и не всегда выполняется» [29].

Согласно исследованиям Liu C.S. [88] диапазон изменений угла навивки лопастей составляет 8-30°. В практике создания и эксплуатации шнековых исполнительных органов с диаметром 1800 мм диапазон изменения угла навивки лопастей шнека составляет 16-24°.

Удельный расход энергии процесса погрузки угля выемочными машинами, в частности очистными комбайнами, определяется известными соотношениями (3.12) [12]:

$$H_w = \frac{P}{60 \cdot Q_k} = \frac{M_{cp} \cdot n}{9550 \cdot Q_k}, \quad (3.12)$$

где  $P$  – мощность потока энергии процесса погрузки угля на забойный конвейер шнековым исполнительным органом, кВт;  $M_{cp}$  – среднее значение крутящего

момента на шнеке, Н·м;  $Q_k$  – производительность погрузки на конвейер шнеком, т/час;  $n_{об}$  – частота вращения шнековых исполнительных органов, мин<sup>-1</sup>.

При исследовании влияния конструктивных параметров шнекового исполнительного органа на параметры процесса погрузки угля моделированием реального процесса использовалась программа EDEM 3D [83, 90].

При моделировании были приняты значения:

– конструктивных параметров: диаметр шнека – 1,8 м; диаметр ступицы – 0,6 м; угол подъема винта шнека  $\alpha = 16^\circ, 18^\circ, 20^\circ, 22^\circ$  и  $24^\circ$ ; количество лопастей – 3; толщина лопасти – 0,05 м; ширина захвата – 0,8 м; высота борта конвейера  $h_k = 0,35$  м; ширина рештака конвейера 0,8 м; частота вращения – 60 мин<sup>-1</sup>; скорость подачи 4 м/мин; площадь сечения погрузочного окна – 0,69 м<sup>2</sup> [29].

– параметров дисперсной массы: средний диаметр частицы – 0,3 м; коэффициент трения частиц в угольной дисперсной массе – 0,8; коэффициент трения угольной массы по металлу – 0,3; жесткость частиц  $c_{ч} = 1 \times 10^4$  Нм и угол естественного откоса материала  $\rho = 35^\circ$ .

Результаты моделирования процесса погрузки угля на конвейер приведены в таблицах 3.1 и 3.2, а фрагмент процесса моделирования во времени  $t_i$  приведен на рисунке 3.16.

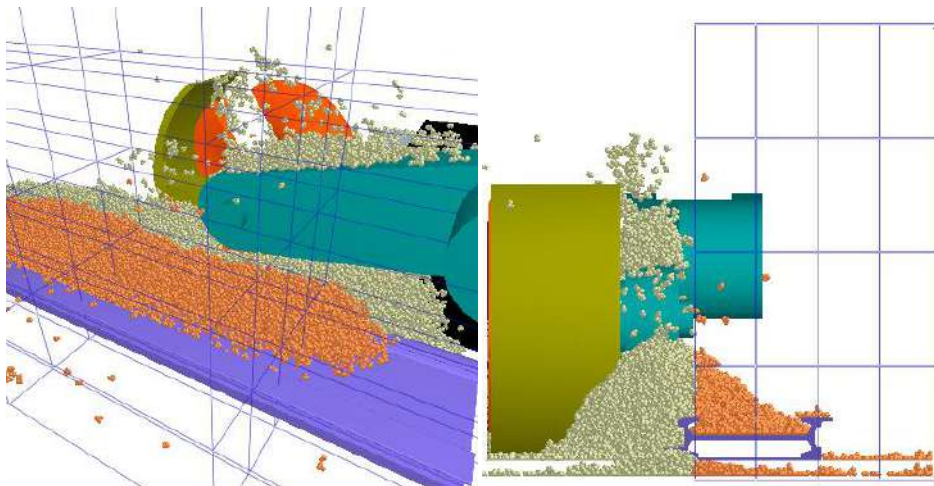


Рисунок 3.16 – Модель процесса погрузки угля на конвейер очистным комбайном в момент времени  $t_i$

В процессе погрузки отстающий шнек лопастями вытесняет разрушенную массу угля последовательно из зоны отделения угля от массива, перемещает уголь в межлопастном пространстве шнека, вытесняет его в «переходную зону между конвейером и шнеком и осуществляет погрузку его на конвейер. Поток поступает на конвейер под давлением, создаваемым вращающимся шнеком [92]. Часть угля остается на почве в зазоре между шнеком и конвейером» [29].

Таблица 3.1 – Зависимость крутящего момента на шнеке от угла навивки лопастей шнека

Угол навивки лопастей шнека (°)	Крутящий момент, макс, (Н·м)	Крутящий момент, мин, (Н·м)	Среднее значение крутящего момента (Н·м)
16	4332	3710	4113
18	4527	3820	4284
20	5202	4457	4757
22	5894	4563	5196
24	5630	4256	4786

Таблица 3.2. Зависимость объема материала от угла навивки лопастей шнека

Угол навивки лопастей шнека (°)	Объем угля на конвейере за 15 секунд (кг)	Процент объема погрузки угля на конвейер, Т (%)	Производительность процесса на конвейере (Т/час)
16	535,68	52,34	148,8
18	557,712	54,46	155,0
20	571,536	55,82	158,8
22	530,496	51,8	147,4
24	514,08	50,2	142,8

### 3.6.2 Результаты и обсуждение

На рисунке 3.17 представлена зависимость крутящего момента шнека от угла навивки его лопастей, изменяющегося в диапазоне 16-24°. Максимальное и минимальное значение момента соответствуют углу навивки лопастей шнека 22,6° и 16°, соответственно.

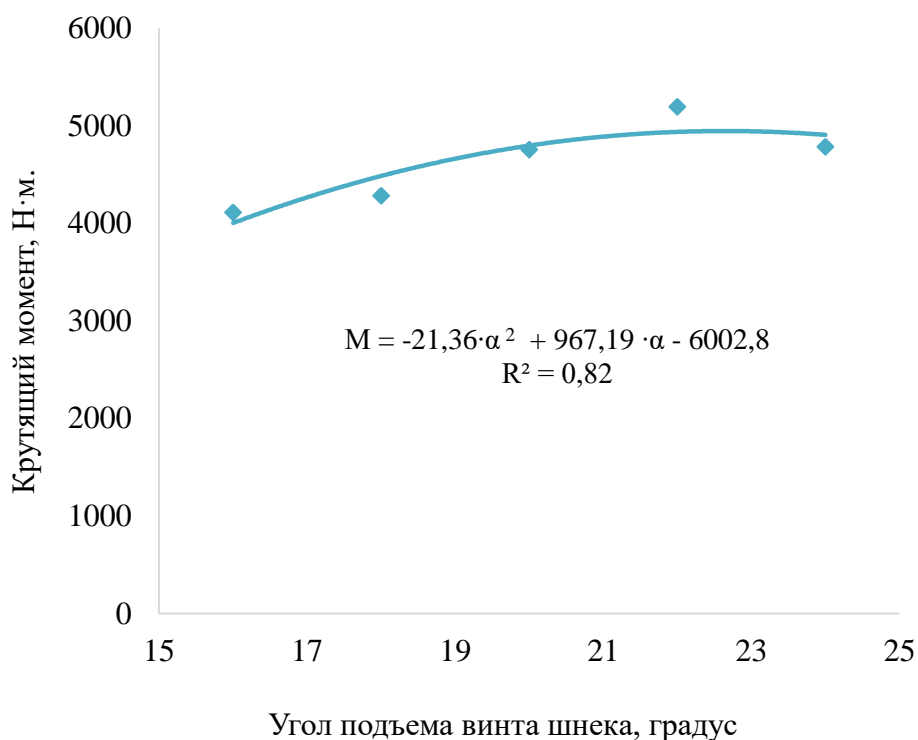


Рисунок 3.17 – Зависимость крутящего момента на шнеке от угла навивки лопастей

Зависимость крутящего момента от угла навивки лопастей шнека представлена функцией от угла ( $\alpha$ ) навивки лопастей:

$$M = -21,36 \cdot \alpha^2 + 967,19 \cdot \alpha - 6002,8, \quad (3.13)$$

где:  $\alpha$  – угол навивки лопастей шнекового исполнительного органа; коэффициент корреляции  $R^2 = 0,82$ ;

Производительность отстающего шнекового исполнительного органа по погрузке угля на конвейер (рисунок 3.18) представлена функцией от угла ( $\alpha$ ) навивки лопастей:

$$Q_k = -0,66 \cdot \alpha^2 + 25,31 \cdot \alpha - 87,44, \quad (3.14)$$

коэффициент корреляции равен  $R^2 = 0,84$ .

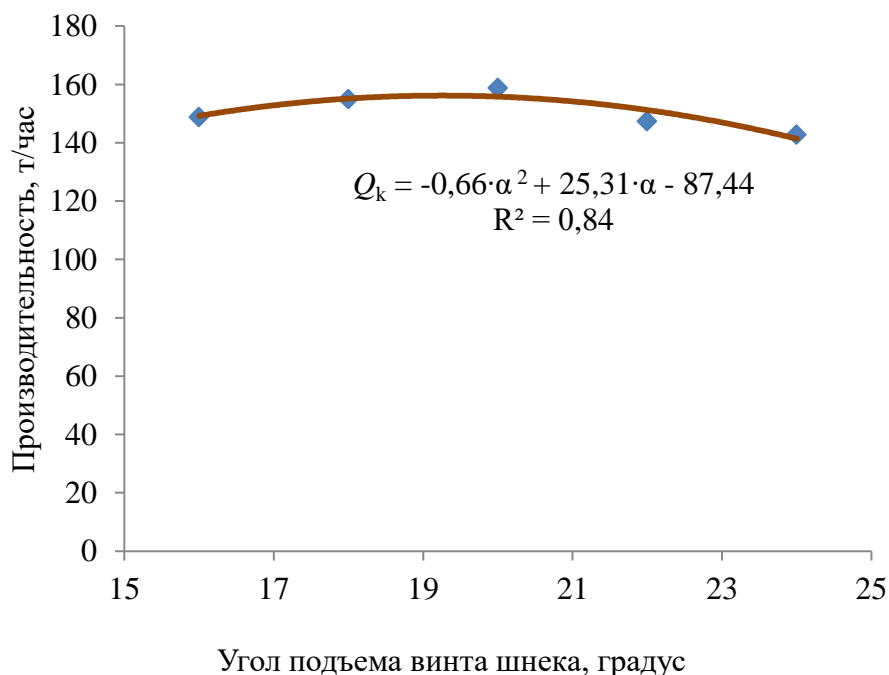


Рисунок 3.18 – Зависимость производительности от угла навивки лопастей шнека

Максимальная производительность шнека по погрузке угля на конвейер соответствует углу навивки лопастей шнека  $19^{\circ}$ .

Из рисунков 3.17 и 3.18 видно: «процесс погрузки угля на конвейер может быть представлен параболической зависимостью крутящего момента от угла навивки лопастей шнека, изменяющегося в диапазоне  $16^{\circ} \div 24^{\circ}$ . Вид зависимостей интенсивности погрузки угля и крутящего момента от угла подъема винта шнекового исполнительного органа в основном одинаков, однако величины изменений данных значений при варьировании угла подъема не соответствуют друг другу [29], показывая, что они имеют нелинейную корреляционную связь. Поэтому при выборе угла навивки лопастей шнека следует учитывать, помимо нагрузки, производительности и крутящего момента ещё и изменение удельного расхода энергии.

Удельный расход энергии на транспортирование угля шнеком приведен в таблице 3.3 [29].

Таблица 3.3 – Зависимость удельного расхода энергии транспортирования угля шнеком от угла навивки винта

Угол навивки винта шнека, (°)	Среднее значение крутящего момента, (Н·м)	Интенсивность подачи угля на конвейер, (т/час)	Удельный расход энергии, $H_w = \frac{M \cdot n}{9550 \cdot Q_k}$ , (кВт·час/т)
16	4113	148,8	0,17
18	4284	155,0	0,17
20	4757	158,8	0,19
22	5196	147,4	0,22
24	4786	142,8	0,21

Зависимость удельного расхода энергии от угла  $\alpha$  может быть оценена уравнением:

$$H_w = 0,06 \cdot \alpha + 0,072, \quad (3.15)$$

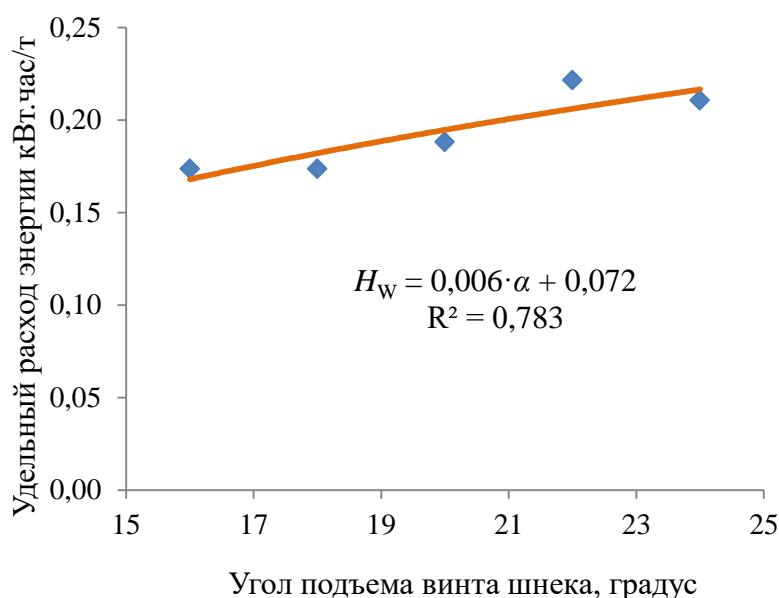


Рисунок 3.19 – Зависимость удельного расхода энергии от угла навивки винта шнека

Удельный расход энергии (3.15) линейно снижается с уменьшением угла подъема винта шнека ( $\alpha$ ). При выборе угла навивки необходимо учитывать значения производительности, крутящего момента и удельного расхода

энергии, вследствие чего в конечном итоге был выбран угол навивки лопастей шнека 19 градусов, соответствующий максимальной интенсивности процесса погрузки угля на конвейер.

«Из анализа результатов моделирования процесса погрузки угля шнековым исполнительным органом очистного комбайна с изменением угла навивки лопастей шнека в диапазоне 16-24 градусов следует:

– при выборе угла установки винта шнека необходимо учитывать совместно значения показателей процесса погрузки: производительности, крутящего момента и удельного расхода энергии» [29];

– максимальная интенсивность погрузки (158,8 т/час) на конвейер соответствует углу навивки винта шнека 19 градусов, который и является рациональным для шнекового исполнительного органа по его производительности;

– «максимальный крутящий момент соответствует углу навивки винта шнека 22,6°, а минимальное значение крутящего момента соответствует углу 16° [29].

### **3.7 Выводы по главе 3**

Исходя из результатов проведенного анализа, исследований и синтеза можно утверждать следующее:

1. Установлено, что значения показателей эффективности выгрузки угольной массы из зоны разрушения и погрузки её на конвейер зависят от площади сечения канала погрузки, расстояния между шнеком и конвейером и угла подъема винта шнека.

2. Установлены две стадии процесса внедрения в штабель угля фронтального лемеха конвейера при его перемещении к забою с постоянной скоростью:

– на первой стадии, соответствующей призме оползня, усилие, действующее на конвейер, прямо пропорционально его перемещению;

– на второй стадии, соответствующей призме выжима и образованию уплотненного ядра в штабеле сыпучего угля, сопротивления перемещению

конвейера к забою с постоянной скоростью нелинейно возрастают вследствие значительного увеличения сопротивления образующегося ядра уплотнения.

3. Моделирование процесса погрузки угля шнековым исполнительным органом очистного комбайна подтвердило следующее:

– увеличение сечения площади погрузочного окна от 0,55 до 1,00 м<sup>2</sup> повышает производительность погрузки в 1,7 раза;

– увеличение расстояния от шнека до борта конвейера с 0,25 до 0,45 м снижает производительность по погрузке в 2,3 раза;

– увеличение скорости подачи от 2 до 6 м/мин повышает производительность по погрузке в 1,5 раза;

– максимальная производительность погрузки угля шнеком на конвейер соответствует углу навивки винта шнека 19°.

## ГЛАВА 4 ОБОСНОВАНИЕ СХЕМНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПОГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ШНЕКОВЫХ ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ

Цель диссертационной работы «Совершенствование процесса погрузки угля на конвейер очистным комбайном» может быть достигнута, как было сказано в главах 2 и 3, в результате комплексного подхода к исследованию объекта, к поиску и к разработке схемных и конструктивных технических решений, направленных на снижение сопротивления движению потока угля в процессе его погрузки на забойный конвейер, на уменьшение объема циркулирующего угля в потоке при его погрузке отстающим шнековым исполнительным органом и на формирование рациональных формы и сечения канала погрузки до става конвейера (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Системный подход к синтезу технических решений

Изложенные в этой главе материалы являются результатом теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию структуры и параметров

погрузочных устройств и очистных комбайнов в части установления рациональных параметров транспортирующего органа. Результаты исследований частично опубликованы в работах [16, 21-24, 91-96, 52-54] и могут быть применены при разработке новых технологий выемки угольных пластов с усложненными горно-геологическими условиями в ближайшем будущем.

#### 4.1 Рациональные параметры погрузочного окна

В техническом решении [54] по повышению эффективности погрузки угля на конвейер путем увеличения размеров площади сечения погрузочного окна и размеров зоны погрузки, очистной комбайн 7 оснащен двумя, симметрично расположенными по длине комбайна, шнековыми исполнительными органами 1 (рисунок 4.2). При выемке угля опережающий шнек по направлению движения комбайна осуществляет выемку верхней пачки угля в пласте с выгрузкой разрушенной массы с уступа на конвейер 9. Отстающий по ходу движения комбайна шнек 1 разрушает нижний слой угольного пласта, выгружает разрушенную массу на забойный конвейер 9 с опорой на подпорный щиток 8.

При такой схеме работы основная часть отбитого угля грузится на конвейер отстающим шнеком через погрузочное окно  $S_0$  (рисунок 4.2), образованное нижней поверхностью забойной опорной балки 3, забойным бортом конвейера 9, подпорным щитком 8 и ступицей шнека 2. Размеры объема зоны погрузки угля на забойном конвейере  $V_p$  образуют поверхности: полки желоба конвейера 9, втулки 4, подпорного щитка 8 и поверхность контакта шнека 1 с забоем. Таким образом, объем зоны погрузки можно представить в виде:

$$V_p = S_p \cdot L, \text{ м}^3, \quad (4.1)$$

где  $S_p$  – площадь сечения потока угля на конвейере,  $\text{м}^2$ ,  $L$  – длина зоны погрузки, м.

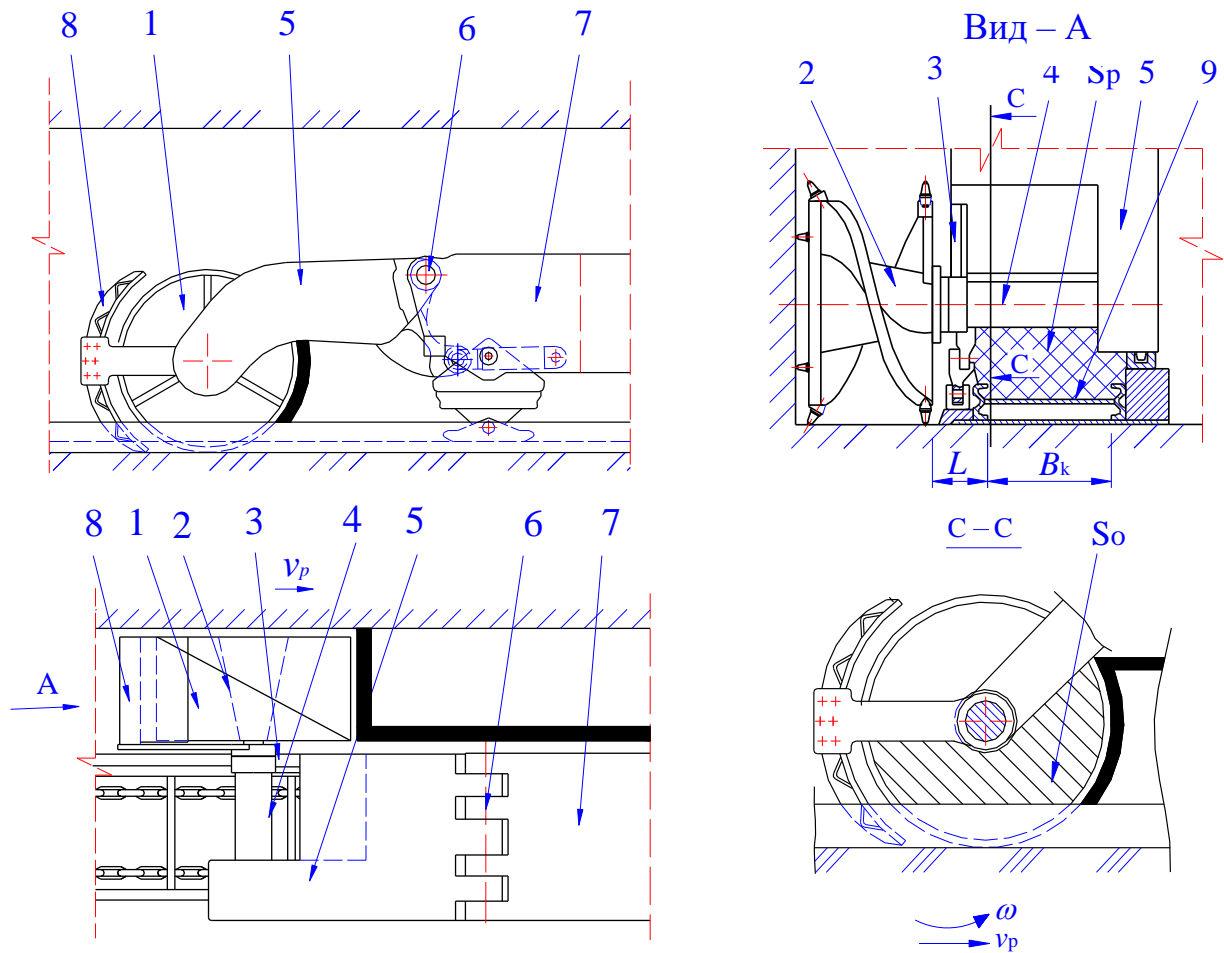


Рисунок 4.2 – Узел загрузки угля очистным комбайном:

- 1 – отстающий шнек; 2 – ступица шнека; 3 – балка опорная; 4 – втулка;  
 5 – завальная балка; 6 – шарнирное соединение; 7 – корпус комбайна;  
 8 – щиток; 9 – забойный конвейер;  $S_p$  – площадь сечения потока угля;  
 $S_0$  – площадь сечения погрузочного окна

Увеличение площади сечения погрузочного окна  $S_0$  и объёма зоны загрузки угля на конвейере  $V_p$  обеспечивается тем, что корпус исполнительного органа очистного комбайна выполнен в виде рамы, содержащей две разнесённые по ширине комбайна и конвейера балки: завальную балку 5 и забойную балку 3. Завальная балка 5, выполненная как одно целое с корпусом редуктора с рёбрами жесткости, расположена с завальной стороны комбайна над завальным бортом конвейера 9. Забойная балка 3, представляющая собой дополнительную подшипниковую опору приводного вала к шнеку 1, расположена над забойным бортом конвейера 9. При этом завальная балка 5 и

забойная балка 3 у основания жестко соединены корпусом привода исполнительного органа 1, а с другой стороны они связаны втулкой 4, что повышает жесткость рамы. Нижние поверхности забойной балки 3 и завальной балки 5 выполнены вогнутыми вверх, ступица шнека 2 – конусной, с уменьшением её диаметра к погрузочному окну ( $S_0$ ), а сечение забойной балки 3 меньше сечения завальной балки 5. Все это обеспечивает увеличение площади сечения окна погрузки ( $S_0$ ) и объёма зоны погрузки ( $V_p$ ) угля на конвейере.

Конусность ступицы обеспечивает повышение эффективности погрузки отбитого угля увеличением рабочего объема шнека по направлению к разгрузке с одновременным уменьшением степени измельчения перемещаемого угля на конвейер. Уменьшение высоты сечения опорной балки повышает эффективность выгрузки угля из зоны разрушения и погрузки его на конвейер, способствует снижению степени измельчения угля и удельному расходу энергии.

Предлагаемое комплексное техническое решение обеспечивает:

- увеличение сечения площади окна погрузки и объёма зоны погрузки угля на конвейере;
- уменьшение сопротивления перемещению угля;
- снижение измельчения угля и удельных затрат энергии;
- увеличение производительности по погрузке угля отстающим шнековым исполнительным органом.

#### **4.2 Обоснование структуры и параметров погрузочных устройств**

Расстояние  $L$  от шнекового исполнительного органа до конвейера обусловлено особенностями компоновки узлов сопрягаемого оборудования. Чем короче путь перемещения  $L$  разрушенной массы до конвейера, тем меньше сопротивление движению потока угля в процессе его погрузки на конвейер, меньше объём непогруженного угля и выше эффективность процесса погрузки. Однако в современных конструкциях очистных комбайнов и конвейеров это расстояние остается существенно значимым – 0,3 м и более. В работе

разработаны технические решения, обеспечивающие уменьшение отрицательного влияния расстояния зазора между шнеком и конвейером на эффективность погрузки угля на забойный конвейер отстающим шнековым исполнительным органом очистных комбайнов [92-94].

#### **4.2.1 Погрузочный щиток с лемехом выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом**

Результаты исследований [16, 20, 92, 93] послужили основой для разработки технических конструктивных предложений по формированию структуры и параметров погрузочного устройства (рисунок 4.3) [23, 53].

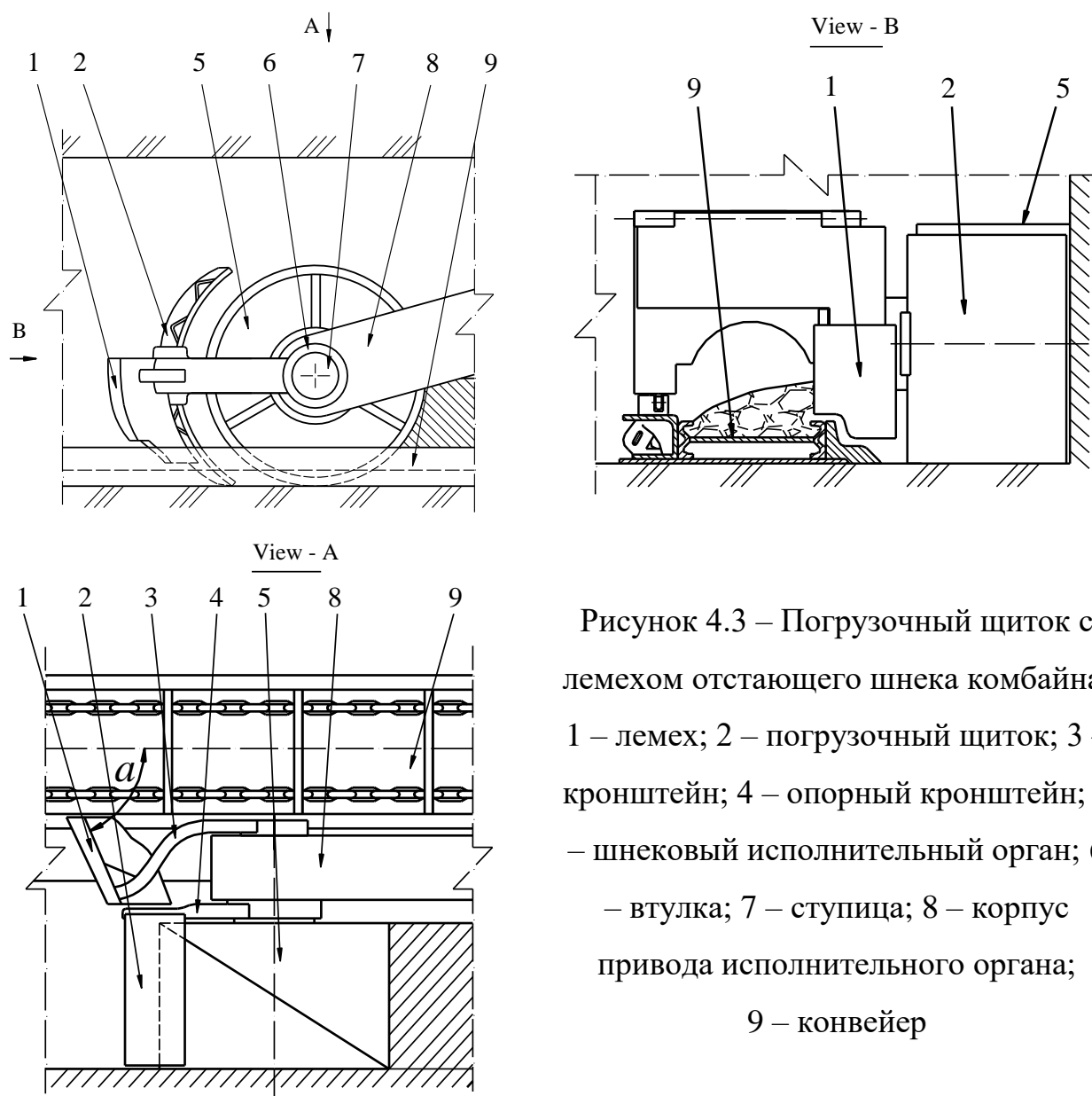


Рисунок 4.3 – Погрузочный щиток с лемехом отстающего шнека комбайна:  
 1 – лемех; 2 – погрузочный щиток; 3 – кронштейн; 4 – опорный кронштейн; 5 – шнековый исполнительный орган; 6 – втулка; 7 – ступица; 8 – корпус привода исполнительного органа;  
 9 – конвейер

Погрузочное устройство выемочного комбайна с двумя, симметрично расположенными по его длине, регулируемые по мощности пласта, шнековыми исполнительными органами 5, состоит из корпуса привода исполнительного органа 8, и погрузочного щитка 2 с дополнительным лемехом 1 (рисунок 4.3).

К корпусу привода исполнительного органа 5 закреплён кронштейном 4, погрузочный щиток 2, а лемех 1 закреплён кронштейном 3. Выемочный комбайн опирается на конвейер 9 с возможностью продольного возвратно-поступательного перемещения.

Лемех установлен между щитком 2 и забойным конвейером 9 под углом меньшим 90 градусов к его борту так, что нижняя кромка профиля лемеха эквидистантна сопрягаемой поверхности забойного борта конвейера и установлена с зазором. Лемех обеспечивает повышение эффективности процесса выгрузки угля из переходной зоны на конвейер и формирование рационального сечения потока угля на конвейере.

#### ***4.2.2 Погрузочное устройство выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом***

Погрузочное устройство выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом 6 (рисунок 4.4) [95] включает: рабочую поверхность погрузочного щитка 9, выполненную в виде части усеченного конуса, при этом ось симметрии рабочей поверхности погрузочного щитка 4, закреплённого на шнековом исполнительном органе 6, параллельна оси вращения шнекового исполнительного органа 6; опорный кронштейн 5 для крепления погрузочного щитка 2 на корпусе привода исполнительного органа 7 шнекового исполнительного органа 6; дополнительный щиток 2, закреплённый на погрузочном щитке 4 с возможностью возвратно-поступательного его смещения вдоль по скользящим направляющим опорам 3 с помощью гидроцилиндра 1.

Дополнительный щиток 2 расположен между погрузочным щитком 4 и конвейером 8 под углом, меньшим 90° к завальному борту конвейера так, что

нижняя кромка профиля дополнительного щитка 2 эквидистантна сопрягаемой поверхности забойного борта конвейера и установлена с зазором. Выемочный комбайн опирается лыжами на конвейер 8 с возможностью продольного возвратно-поступательного его перемещения относительно конвейера.

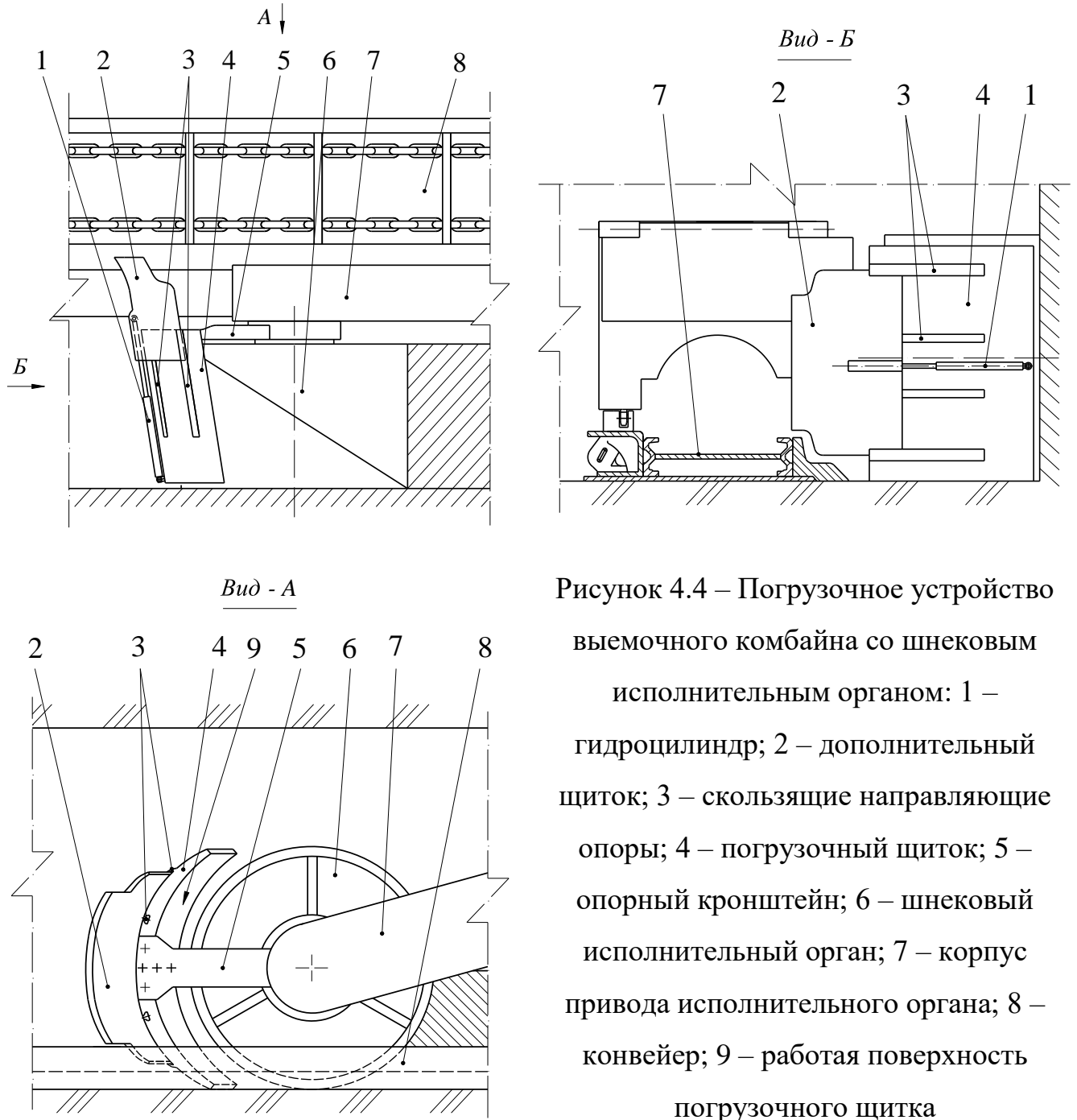


Рисунок 4.4 – Погрузочное устройство выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом: 1 – гидроцилиндр; 2 – дополнительный щиток; 3 – скользящие направляющие опоры; 4 – погрузочный щиток; 5 – опорный кронштейн; 6 – шнековый исполнительный орган; 7 – корпус привода исполнительного органа; 8 – конвейер; 9 – рабочая поверхность погрузочного щитка

Очистной комбайн работает как по односторонней, так и по челноковой схемам. Перед изменением направления движения комбайна на концевых участках лавы меняются и положения опережающего и отстающего шнековых исполнительных органов по мощности пласта. При выемке угля комбайном

опережающий по направлению движения комбайна шнековый исполнительный орган 6 осуществляет выемку верхней пачки угля в пласте с выгрузкой разрушенной массы с уступа на конвейер 8.

Нижнюю пачку пласта разрушает отстающий по ходу движения комбайна шнек 6 (рисунок 4.4), который одновременно выгружает разрушенную массу из зоны разрушения лопастями шнека с опорой на погрузочный щиток 4 и на дополнительный щиток 2 и перемещает разрушенную массу на забойный конвейер 8. Для движения комбайна в обратном направлении по леве дополнительный щиток 2 с помощью гидроцилиндра 1 смещается вдоль по скользящим направляющим опорам 3 погрузочного щитка 4, и затем вместе с погрузочным щитком 4 поворачивается относительно оси шнекового исполнительного органа 6 на  $180^\circ$ .

Отстающий шнековый исполнительный орган с погрузочным щитком и лемехом обеспечивает:

- снижение циркуляции и количества угля, остающегося на почве;
- повышение эффективности зачистки почвы;
- уменьшение измельчения, пылеобразования и энергозатрат.

#### ***4.2.3 Погрузочный лемех выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом***

В результате анализа известных конструкций узлов очистных комбайнов в зоне погрузки предложена установка дополнительного лемеха в переходной зоне между шнеком и конвейером, который может отклоняться от начального положения установки при пропуске негабаритов. В исполнительном органе очистного комбайна, содержащем шнек и погрузочный щиток, установлен лемех между щитком и забойным конвейером под углом, меньшим  $90$  градусов к его борту. Лемех установлен над конвейером с зазором. Нижняя кромка лемеха повторяет профиль борта конвейера. Лемех соединен кронштейном с корпусом привода исполнительного органа. Погрузочный щиток с лемехом в зоне погрузки формирует поток без циркуляции угля из зоны разрушения на конвейер. Повышение эффективности погрузки угля достигается повышением

полноты зачистки почвы, при этом снижается снижая измельчение, пылеобразование и энергозатраты [9, 72, 77].

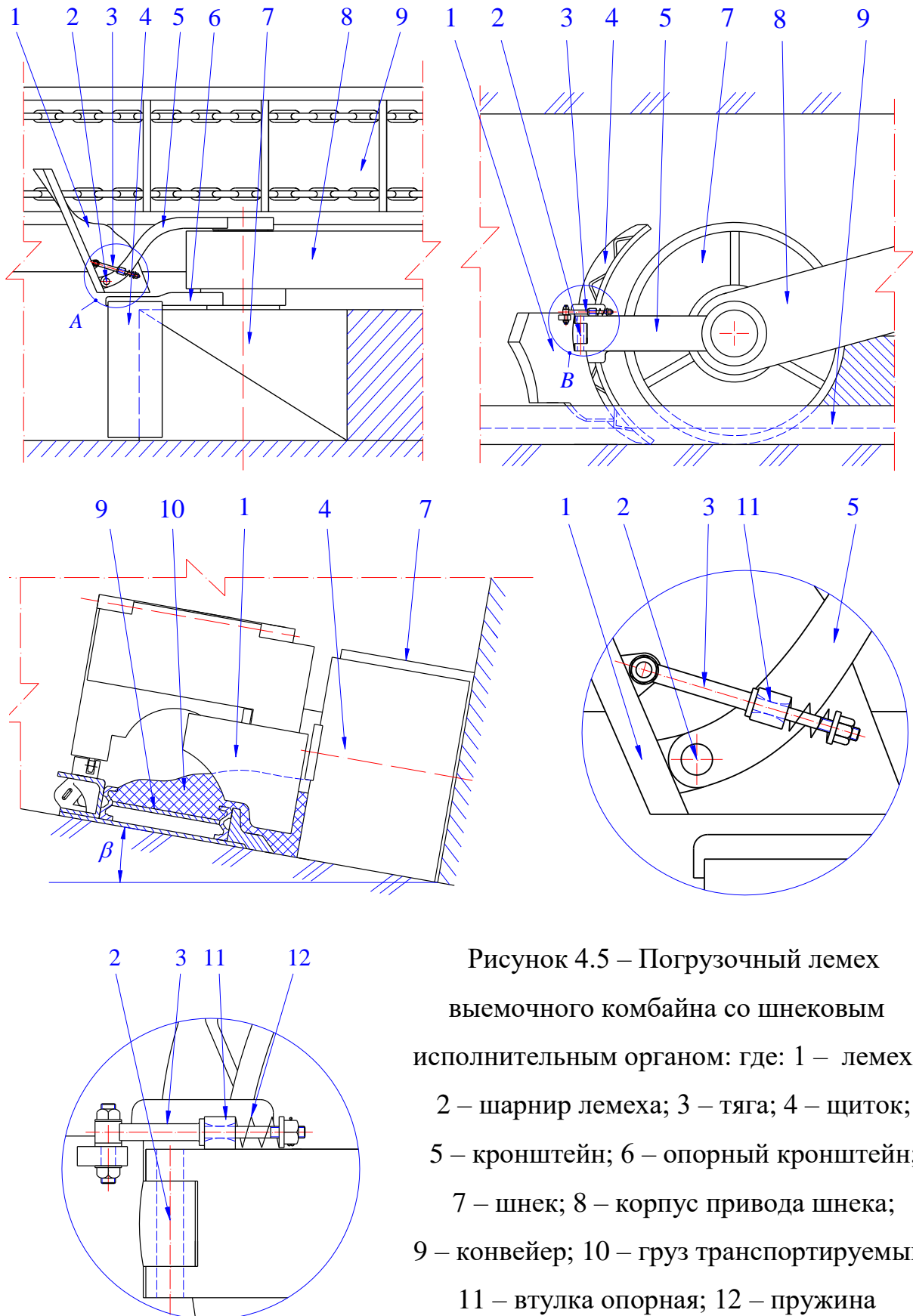


Рисунок 4.5 – Погрузочный лемех выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом: где: 1 – лемех; 2 – шарнир лемеха; 3 – тяга; 4 – щиток; 5 – кронштейн; 6 – опорный кронштейн; 7 – шнек; 8 – корпус привода шнека; 9 – конвейер; 10 – груз транспортируемый; 11 – втулка опорная; 12 – пружина

Погрузочный щиток с лемехом 1 выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом 7 (рисунок 4.5) [22] включает рабочую поверхность, выполненную в виде части усеченного конуса, и опорный кронштейн 6 для крепления погрузочного щитка 4 на шнековом исполнительном органе 7, при этом ось симметрии рабочей поверхности погрузочного щитка, закреплённого на шнековом исполнительном органе 7, параллельна оси вращения шнекового исполнительного органа 7, и лемех 1, соединенный кронштейном и втулкой с корпусом привода исполнительного органа 8 и установленный между щитком 4 и забойным конвейером 9 под углом, меньшим  $90^0$  к его борту так, что нижняя кромка профиля лемеха 1 эквидистантна сопрягаемой поверхности забойного борта конвейера 9 и установлена с зазором, соединен, с возможностью его поворота, с кронштейном 5 шарниром 2 и тягой 3 с выступом 11 установки номинального угла поворота лемеха 1 и с пружиной 12 поджатия лемеха 1 к негабариту при его пропуске, при этом часть лемеха 1 над конвейером 9 выполнена изогнутой по профилю рационального сечения потока груза 10 на конвейере.

Зазор между шнековым исполнительным органом и конвейером и площадь сечения погрузочного окна ограничены по размерам из-за особенностей компоновки узлов оборудования, что создаёт повышенное сопротивление движению потока угля при его погрузке на конвейер. Погрузочный щиток с лемехом повышают эффективность погрузки угля на конвейер, так как обеспечивают:

- более зачистку почвы и погрузку угля на конвейер;
- снижение сопротивления движению потока угля и, следовательно, повышение полноты выгрузки угля, находящегося в зоне между бортом конвейера и шнековым исполнительным органом, на конвейер;
- увеличение коэффициента заполнения углем желоба конвейера;
- дугообразная форма части лемеха над конвейером способствует формированию рациональной формы поперечного сечения потока угля на конвейере, что приводит к повышению коэффициента заполнения конвейера.

### 4.3 Обоснование рациональных структуры и параметров забойного скребкового конвейера

Рассматривая повышение технологичности конструкций лемехов: снижение усилия передвижки, улучшение доступа к соединительным элементам рештачного става. Повышение эффективности функционирования конвейера достигается снижением сопротивления погрузки угля, формированием сечения потока угля на конвейере и центрированием потока по оси става, что приводит к равновесию сил на скребках, к повышению степени заполнения желоба става, производительности и надежности конвейера [23].

В результате проведенных исследований, направленных на повышение эффективности погрузки угля на забойный конвейер в комплексно-механизированном очистном забое угольных шахт, и патентного поиска предложено конструктивное техническое решение скребкового забойного конвейера, соответствующего сформулированным требованиям. Конвейер (рисунок 4.6) [24] включает в себя рештаки 10 с днищем 8 и круглой направляющей 7, скребки в сборе и тяговые цепи 5. Днище 8 выполнено без забойного борта за одно целое с лемехом 2 обтекаемой формы с опорной площадкой 1 для забойных лыж очистного комбайна.

Такая форма днища без забойного борта обеспечивает уменьшение с забойной стороны высоты борта конвейера  $h_k$  (рисунок 3.13) и ширины фронтального лемеха  $b_1$  (рисунок 3.13), способствует снижению сопротивления самопогрузке угля при фронтальной передвижке конвейера к забою, а дугообразная форма скребков в сборе обеспечивает центрирование потока груза по оси конвейера.

Круглая направляющая 7 установленная на днище рештака по его оси, служит опорой для перемещающейся скребковой цепи с грузом. Скребки в сборе имеют дугообразную форму и состоят из втулки 6, охватывающей направляющую 7 с возможностью скольжения, правого 9 и левого 3 лемехов, закрепленных болтами 4 на втулке 6.

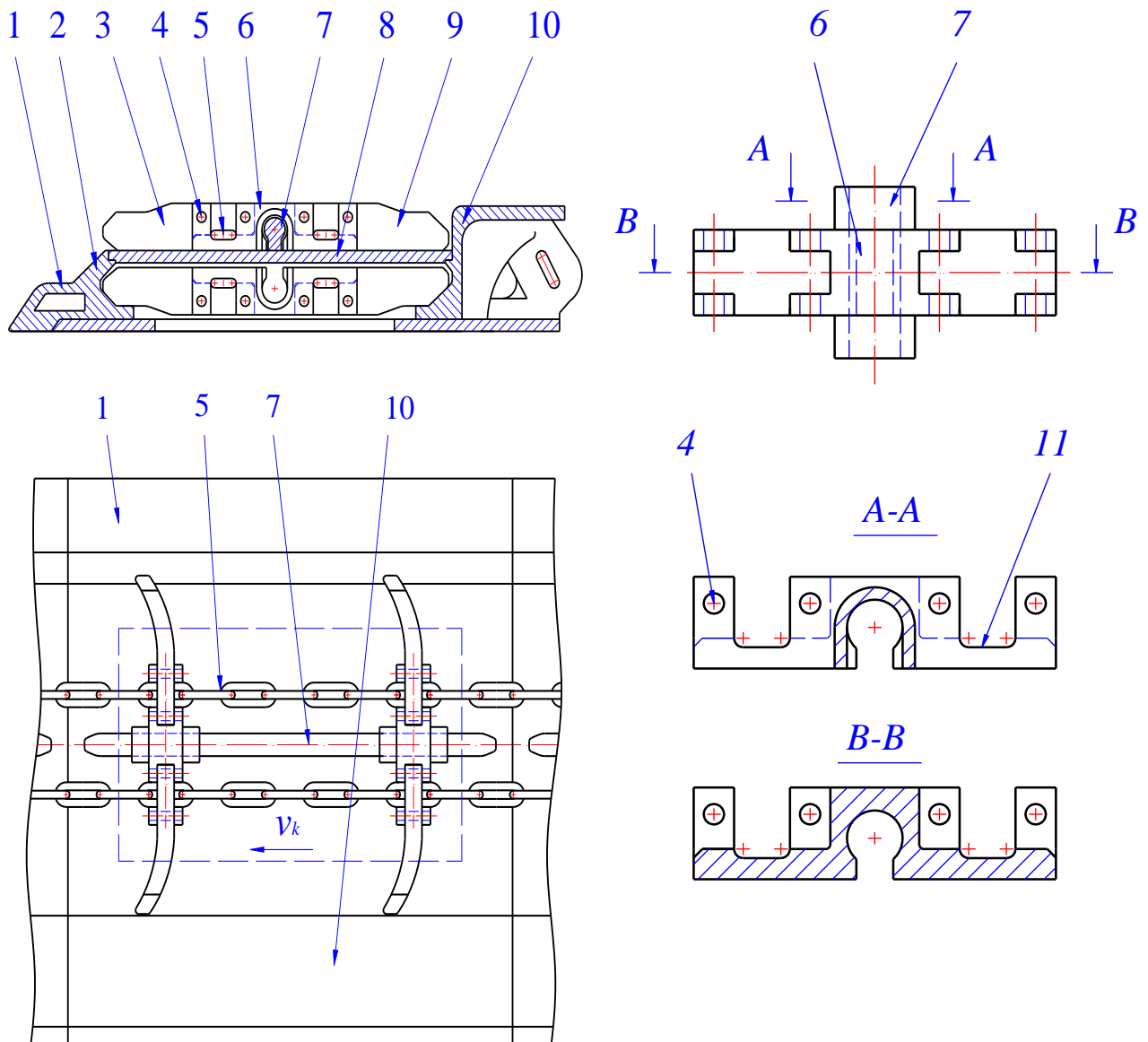


Рисунок 4.6 – Скробковый забойный конвейер

1 – фронтальный лемех; 2 – наклонная стенка; 3 – левый лемех; 4 – болтовое соединение; 5 – цепь; 6 – фигурная планка; 7 – направляющая; 8 – днище; 9 – правый лемех; 10 – рештак; 11 – фиксирующая проточка

Предложенная форма скребков способствует формированию формы поперечного сечения потока груза, центрированию потока угля по оси желоба конвейера, и как следствие, приводит к повышению коэффициента заполнения желоба и увеличению производительности конвейера.

Отсутствие забойного борта конвейера снижает сопротивление при фронтальной передвижке конвейера и исключает возможность образования уплотненного ядра в штабеле угля в конце хода передвижки.

Обтекаемая форма лемеха за одно целое с днищем конвейера обеспечивает при фронтальной подаче конвейера к забойу снижения сопротивления самопогрузки и интенсивности циркуляции транспортируемой массы.

Предложенные схемные и конструктивные технические решения обеспечивают в совокупности повышение эффективности процесса погрузки угля на конвейер, зачистку почвы и увеличение максимальной производительности за счёт:

- центрирования потока угля по оси желоба конвейера и равновесия сил, действующих на скребки и тяговые цепи;
- уменьшения сопротивления самопогрузке угля при фронтальной передвижке конвейера на забой и повышения эффективности зачистки почвы и погрузки разрушенной массы на конвейер.

#### **4.4 Оценка эффективности предложенных технических решений**

Моделирование процесса погрузки проводилось с целью оценки эффективности процесса погрузки угля очистным комбайном. Процесс погрузки угля на конвейер рассматривается для двух вариантов: базового варианта (известный очистной комбайн) и предложенного варианта (очистной комбайн с изменениями его погрузочных параметров в соответствии с техническими решениями). При моделировании использована программа EDEM 3D. В качестве основных показателей эффективности процесса приняты: производительность ( $Q_k$ ), удельный расход энергии ( $H_w$ ) и гранулометрический состав ( $W_d$ ) для оценки степени вторичного измельчения.

При моделировании процесса погрузки угля на конвейер были приняты следующие значения параметров: диаметр шнека 0,18 м, диаметр ступицы 0,6 м, угол подъема винта шнека  $\alpha = 19^\circ$ , количество лопастей шнека – 3, толщина лопасти 0,05 м, ширина захвата 0,8 м, частота вращения шнека 60 мин<sup>-1</sup>, высота забойного борта конвейера  $h_k = 0,35$  м, ширина рештака конвейера 0,8 м, высота стенки редуктора комбайна 0,35 м, скорость подачи комбайна 4 м/мин.

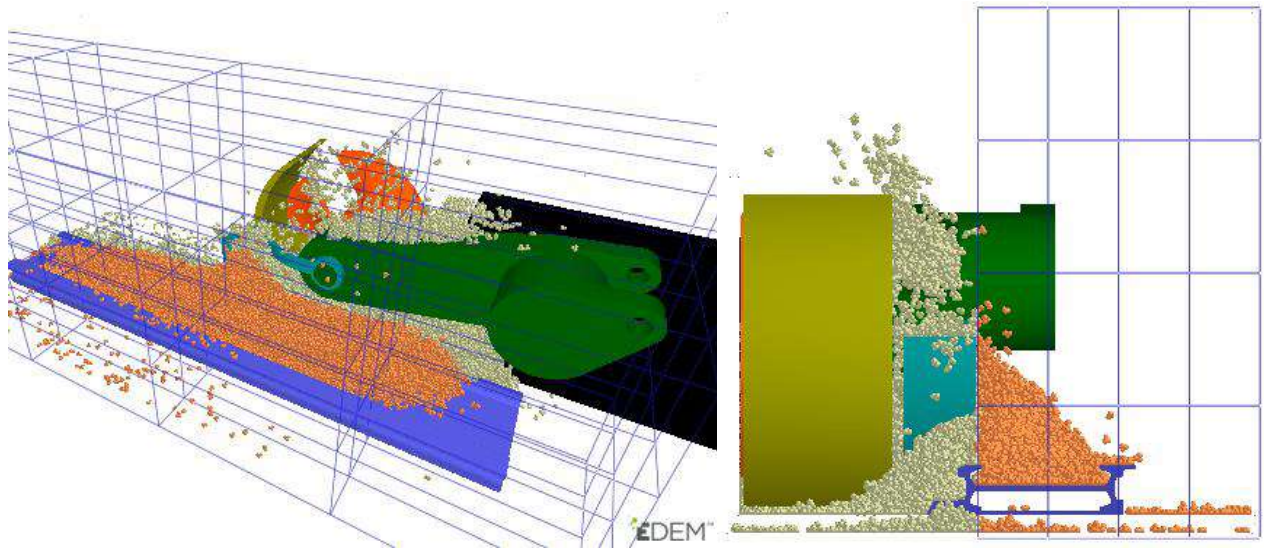


Рисунок 4.7 – Распределение потоков угля в процессе его погрузки очистным комбайном с дополнительным лемехом

По результатам моделирования процесса погрузки угля на конвейер построены графики изменения объема погрузки и момента сопротивления на шнеке (рисунки 4.8 и 4.9) во времени.

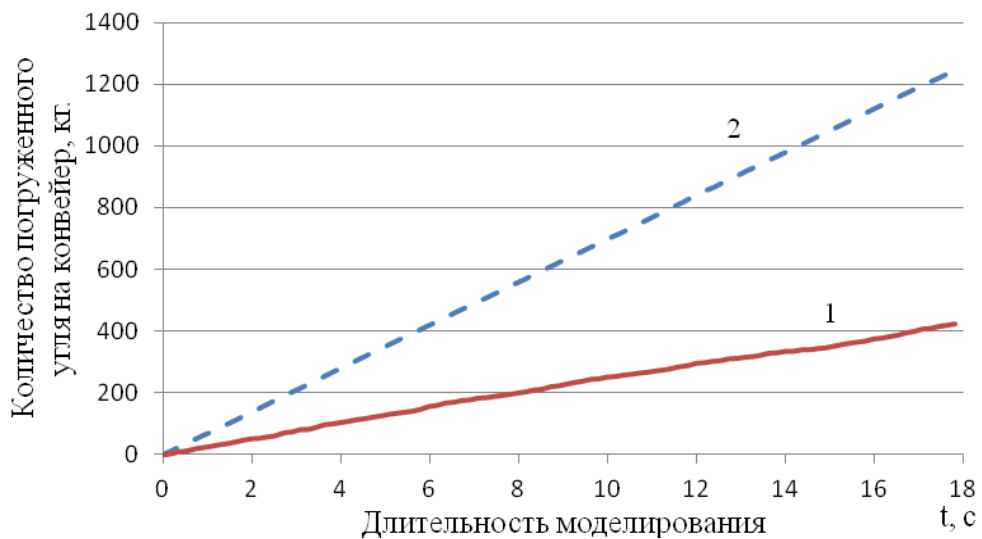


Рисунок 4.8 – Зависимость количества погруженного угля на конвейер от времени:

- 1 - количества угля, погруженного на конвейер базовым очистным комбайном,  
 2 - количества угля, погруженного на конвейер комбайном с дополнительным лемехом

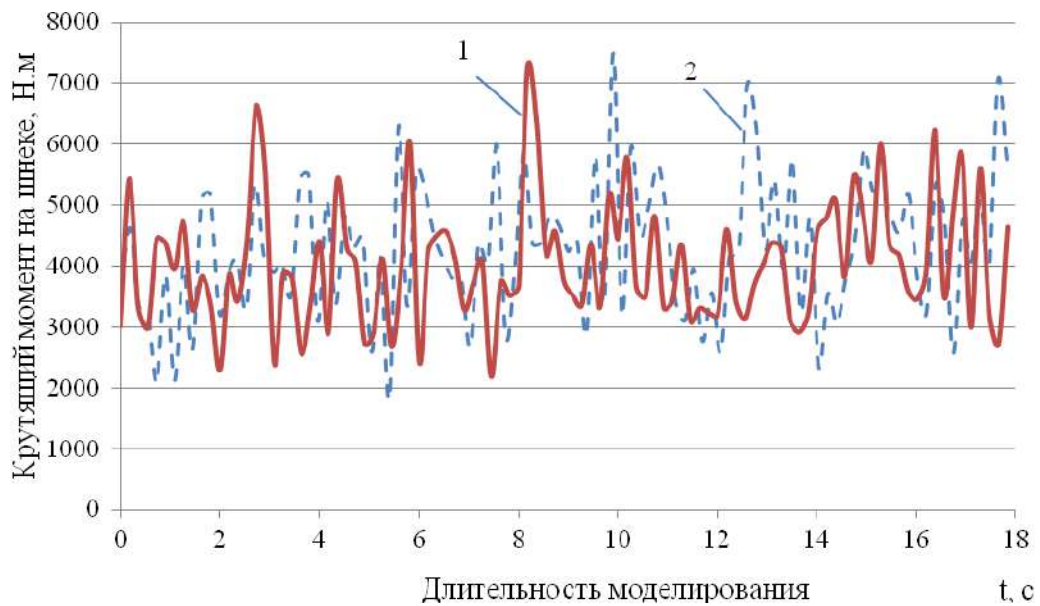


Рисунок 4.9 – Изменение крутящего момента на шнеке:

- 1 - крутящий момент на шнеке базового очистного комбайна;  
 2 - крутящий момент на шнеке очистного комбайна с дополнительным лемехом.

При моделировании энергоёмкость транспортирования угля шнеком определялась по формуле:

$$H_w = \frac{P}{Q_K} = \frac{M \cdot n}{9550 \cdot Q_K}, \quad (4.2)$$

где:  $M_{cp}$  – среднее значение крутящего момента на шнеке, Н·м;  $Q_K$  – производительность погрузки угля на конвейер шнеком, т/час;  $n_{об}$  – частота вращения шнекового исполнительного органа,  $\text{мин}^{-1}$ .

Средний крутящий момент на шнеке определяется формулой:

$$M_{cp} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n M_i, \quad (4.3)$$

где:  $M_i$  – текущее значение крутящего момента на шнеке, Н·м.

Производительность отстающего шнекового исполнительного органа по погрузке угля на конвейер определялась по формуле:

$$Q_K = 3,6 \cdot \frac{m}{t}, \quad (4.4)$$

где  $m$  – масса погруженного угля на конвейер, кг;  $t$  – время погрузки, с.

Аналогично моделировались процессы погрузки угля с учетом предложенных технических решений. Результаты моделирования процесса погрузки угля на конвейер приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты моделирования процесса погрузки угля на забойный конвейер с использованием предложенных технических решений

Показатель	Базовый очистной комбайн	Предложенные технические решения				
		Патент №175449	Патент №179911	Патент №184290	Патент №191484	Патент №2692392
Средний крутящий момент на шнеке, Н·м.	4075,0	4021,1	4637,6	4734,6	4333,74	3837,6
Производительность по погрузке угля на конвейер, т /час.	85,8	288,4	175,1	185,8	252,01	140,5
Удельный расход энергии, кВт·час/т.	0,249	0,073	0,166	0,160	0,09	0,171

Результаты моделирования процесса погрузки угля подтверждают увеличение производительности шнекового исполнительного органа по погрузке на забойный конвейер в 1,6-3,4 раза и снижение удельного расхода энергии в 1,5-3,4 раза в зависимости от используемого технического решения.

#### 4.5 Выводы по главе 4

Повышение эффективности процесса погрузки достигается комплексным техническим решением, направленным на снижение сопротивления движению потока угля, снижение циркуляции угля в потоке, достижение полноты зачистки почвы и загрузки и формирование рационального сечения потока угля на конвейере.

1. Разработаны и запатентованы пять технических решений, направленных на снижение сопротивления движению потока угля, снижению циркуляции угля в потоке, на достижение полноты зачистки почвы, на формирование рационального сечения потока угля на конвейере и на снижение усилий при фронтальном перемещении конвейера к забою.

2. Обоснована модель, учитывающая параметры очистного комбайна и его погрузочных устройств, угольной массы и забойного конвейера, обеспечивающая повышение производительности по погрузке угля в диапазоне от 1,6 до 3,4 раза и снижение удельного расхода энергии процесса погрузки угля комбайном в диапазоне от 1,5 до 3,4 раза в зависимости от используемого технического решения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации приведены разработанные автором теоретические и практические положения, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной задачи выявления зависимости эффективности процесса погрузки угля на конвейер в комплексно-механизованном очистном забое от структуры и параметров погрузочно-транспортующих устройств шнекового очистного комбайна.

Основные научные и практические результаты работы:

1. На основе анализа исследований процесса и технических средств погрузки угля отстающим ШИО очистных комбайнов на конвейер установлено, что выбор параметров погрузочных устройств необходимо осуществлять с учетом зонной структуры процесса в четырёх сопряженных пространственных зонах: в зоне отделения угля резами от массива, в зонах активного и пассивного транспортирования, в зоне погрузки разрушенной горной массы на забойный конвейер, что обеспечивает обоснованность и повышает точность описания процессов и оценки степени их влияния на эффективность процесса погрузки угля в целом.

2. Установлено, что значения показателей эффективности процесса выгрузки угольной массы из зоны разрушения и погрузки её на конвейер можно с достаточной для инженерных расчетов точности определять с учетом площади сечения канала погрузки, расстояния между шнеком и конвейером и угла подъема винта шнека.

3. Синтез базовых схемных и конструктивных погрузочных устройств шнекового очистного комбайна и их режимов работы моделированием использована программа EDEM 3D подтверждено следующее: увеличение сечения площади погрузочного окна от 0,55 до 1,00 м<sup>2</sup> повышает производительность погрузки в 1,7 раза; увеличение расстояния от шнека до борта конвейера с 0,25 до 0,45 м снижает производительность по погрузке в 2,3 раза; увеличение скорости подачи от 2 до 6 м/мин повышает производительность по погрузке в 1,5 раза; максимальная производительность

погрузки угля шнеком на конвейер соответствует углу навивки винта шнека  $19^\circ$ .

4. Разработано и запатентовано пять взаимосвязанных технических решений оборудования в зоне погрузки, включающих дополнительные щиток, лемех, линейный рештак скребкового забойного конвейера, которые обеспечивают снижение сопротивления движению потока угля, снижение циркуляции угля в потоке, достижение полноты зачистки почвы, формирование рационального сечения потока угля на конвейере и снижение усилий фронтального перемещения конвейера к забою, при этом результатами моделирования подтверждается увеличение производительности шнекового исполнительного органа по погрузке на конвейер в 1,6-3,4 раза и снижение удельного расхода энергии в 1,5-3,4 раза в зависимости от используемого технического решения.

5. Предложенные технические решения, приведённые в диссертации, могут быть использованы при проектировании новых погрузочно-транспортных устройств, забойных конвейеров и выемочных машин, вводимых в производство в России и во Вьетнаме. Кроме того, они также могут быть использованы в образовательном процессе при подготовке специалистов в Санкт-Петербургском горном университете и Ханойском горно-геологическом университете Вьетнама.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абрамкин, Н. И. Обоснование направлений комплексной механизации очистных работ на наклонных угольных пластах средней мощности в горно- геологических условиях на шахте "Куангхань" / Н. И. Абрамкин, Д. Т. Фам // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 1. – С. 202-209.
2. Афанасьев, В. Я. Выбор параметров исполнительных органов очистных комбайнов применительно к конкретным условиям эксплуатации / В. Я. Афанасьев, В. Ю. Линник // В сб.: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М.: МГГУ. – 2010. – № 12. – С. 348-355.
3. Банников, А. А. Снижение усилий отделения угля от массива совершенствованием привода резца выемочного модуля: дис. канд. техн. наук: 05.05.06 / А. А. Банников. – СПб: Горный университет – 2012. – 157 с.
4. Беликов, К. Н. Экспериментальные исследования погрузочной способности шнекового исполнительного органа выемочной машины / К.Н. Беликов // ПНИУИ: сб. науч. тр. вып. 16. – 1973. – С.135-146.
5. Бойко, Н. Г. Погрузка угля очистными комбайнами / Н. Г. Бойко. Донецк: ДонНТУ – 2002. – 157 с.
6. Патент № 1273539А1 СССР, МПК E21C 25/04, 27/24. Исполнительный орган очистного комбайна / Н. Г. Бойко, В. Г. Нечепавев, В. Г. Шевцов, И. А. Винник, А. В. Волтян, И. А. Горобец, – № 1273539А1; заявл. 27.06.1985, опубл. 30.11.1985, Бюл. № 44.
7. Брагин, В. Е. Повышение эффективности комплексно-механизированной разработки пологих и наклонных угольных пластов Кузбасса: автореф.дисс....докт.техн.наук: 05.05.06 / В. Е. Брагин. – Кемерово. – 1996. – 38 с.
8. Бурчаков, А. С. Состояние и основные направления научно-технического прогресса в технологии, комплексной механизации и автоматизации очистных работ / А. С. Бурчаков // ИГД им. А. А. Скочинского.

– 1991. – №1. – С. 53-57.

9. Верменчук, И. П. Исследование процесса транспортирования насыпных грузов скребковыми конвейерами узкозахватных комплексов с целью повышения их производительности: дис....канд.техн.наук: 05.05.06 / И. П. Верменчук. – Днепропетровск: Ин-т геотехн.механики АН УССР – 1974. – 154 с.

10. Вернер, В. Н. К методике исследования транспортирующей способности шнековых исполнительных органов комбайнов / В. Н. Вернер, В.И. Нестеров // Оптимизация режимов работы исполнительных органов угледо-бывающих машин. – 1967. – С. 26-34.

11. Вернер, В. Н. Оценка погрузочной способности шнеков очистных комбайнов / В. Н. Вернер // Совершенствование технологии, средств комплексной механизации, автоматизации и техники безопасности при подземной разработке угля. – 1978. – С. 39-40.

12. Вернер, В. Н. Исследование и обоснование рациональных параметров шнековых погрузочно-транспортирующих органов выемочных машин: дис. ... докт. техн. наук: 05.05.06 / В. Н. Вернер. – Кемерово. – 1999. – 319 с.

13. Вороновский, К. Ф. Влияние формы образующей винтовой поверхности на погрузочную способность шнекового исполнительного органа угольного комбайна / К. Ф. Вороновский // Горный журнал. – 1975. – № 9. – С. 57-62.

14. Ву, Д. Т. Обоснование рационального уровня потерь и засорения угля при открытой разработке месторождения «Тай Нам Да Май», Вьетнам: дис.... канд. техн. наук: 25.00.22 / Д. Т. Ву. – СПб. – 2018. – 123 с.

15. Ву, Т. Т. З. Обоснование технологии разработки мощных угольных пластов наклонными слоями с выпуском угля в условиях шахт Куангниньского бассейна: дис.... канд. техн. наук: 25.00.22 / Т. Т. З. Ву. – СПб. – 2016. – 154 с.

16. Габов, В. В. Обоснование геометрических и режимных параметров шнековых исполнительных органов, обеспечивающих эффективность погрузки

угля на забойный конвейер / В. В. Габов, К. Л. Нгуен, В. С. Нгуен, Т. Б. Ле, Д. А. Задков // Уголь. – 2018. – № 2. – С. 32-35.

17. Габов, В. В. Состояние и перспективы использование очистных механизированных комплексов на шахтах Вьетнама / В. В. Габов, К. Л. Нгуен // Сборник научных трудов Международная научно-практическая конференция «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики». – 2017. – Том 1. – С. 223-226.

18. Габов, В. В. Влияние параметров шнековых исполнительных органов на эффективность погрузки угля на конвейер / В. В. Габов, К. Л. Нгуен, Д. Ч. До // 14-я Международная Конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики». – 2018. – Том 1. – С. 223-226.

19. Габов, В. В. Обоснование параметров процесса выгрузки угля на конвейер шнековыми исполнительными органами очистных комбайнов / В. В. Габов, К. Л. Нгуен, Ю. В. Лыков // Международная научно-практическая конференция “Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2018”. – 2018. – Том 1. – С. 223-226.

20. Габов, В. В. Особенности формирования элементарных сколов в процессе резания углей и изотропных материалов эталонным резцом горных машин [Текст] / В. В. Габов, Д. А. Задков, К. Л. Нгуен // Записки горного института. – 2019. – Т. 236. – С. 153-161.

21. Патент № 190549 Российская Федерация, МПК E21C 25/04. Исполнительный орган очистного комбайна / В. В. Габов, В. С. Нгуен, К. Л. Нгуен, Ю. В. Люков, – № 2019112220; заявл. 22.04.2019, опубл. 03.07.2019, Бюл. № 19.

22. Патент № 2692392 Российская Федерация, МПК E21F 13/08, B65G 19/10. Забойный скребковый конвейер / В. В. Габов, К. Л. Нгуен, Д. А. Задков, – № 2018142497; заявл. 30.11.2018, опубл. 24.06.2019, Бюл. № 18.

23. Патент № 184290 Российская Федерация, МПК E21C 27/00, E21C

35/00. Погрузочное устройство выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом / В. В. Габов, К. Л. Нгуен, Ю. В. Люков, – № 2018142497; заявл. 03.07.2018, опубл. 22.10.2018, Бюл. № 30.

24. Патент № 191484 Российская Федерация, МПК E21D 9/12, E21D 9/126. Погрузочный лемех / В. В. Габов, К. Л. Нгуен, Ю. В. Люков, – № 2019113831; заявл. 06.05.2019, опубл. 07.08.2019, Бюл. № 22.

25. Гайсин, Р. М. Разработка и исследование спирально-винтового устройства открытого типа для механизированных технологий в сельскохозяйственном производстве: дис. канд. техн. наук: 05.05.06 / Р. М. Гайсин. - М. – 2003. – 143 с.

26. Глатман, Л. Б. Инструмент очистных и проходческих комбайнов. / Л. Б. Глатман, Б. М. Логунцов, Е. З. Позин. М.: ВИНТИ. – 1978. – 214 с.

27. Горбатов, П. А. Горные машины для подземной добычи / П. А. Горбатов, Г. В. Птрусин. Донецк.: изд-во Донерцкого национального технического университета – 2006. – 669 с.

28. ГОСТ12.44.258-84, Комбайны очистные. Выбор параметров и расчет сил резания и подачи на исполнительных органах. – М.: издво Министерства угольной промышленности СССР. – 1985. –108 с.

29. Динь, В. Ч. Влияние угля подъема винта шнекового исполнительного органа комбайна на погрузок угля на забойный конвейер / В. Ч. Динь, К. Л. Nguyen, В. С. Нгуен, Т. Б Ле // Уголь. – 2020. – № 1. – С. 46-50.

30. До, К. Т. Обоснование и выбор параметров крепи горных выработок в сложных горно-геологических условиях угольного месторождения в районе дельты красной реки (Вьетнам): дис.... канд. техн. наук: 25.00.22 / К. Т. До. – СПб. – 2016. – 119 с.

31. Докукин, А. В. Выбор параметров выемочных машин / А.В. Докукин, А. Г. Фролов, Е. З. Позин. – 1976. – 144 с.

32. Загривный, Э. А. Формирование внешней динамики горных машин / Э. А. Загривный, Г. Г. Басин // Записки Горного института. – 2016. – Т.217. – С.140-149.

33. Зайденварг, В. Е. Оценка эффективности и перспективы повышения технического уровня подземной добычи угля / В.Е. Зайденварг, Г. И. Ягодкин, Н. Л. Разумняк // Уголь. – 1991. – № 12. – С. 15-20.

34. Зайденварг, В. Е. Развитие и повышение эффективности комплексной механизации и автоматизации очистных работ в угольных шахтах / В. Е. Зайденварг, Н. Л. Разумняк, Н. П. Бушуев // Уголь. – 1991. – №8. – С. 43-49.

35. Зубов, В. П. Состояние и направления совершенствования систем разра-ботки угольных пластов на перспективных угольных шахтах Кузбасса / В. П. Зубов // Записки Горного института. – 2017. – Т. 225. – С. 292-297.

36. Иванов, В. Е. Горношахтное оборудование, изготовленное по конверсии / В. Е. Иванов, М. А. Сребный, Н.А. Шальнов. – 1995. – 95 с.

37. Игнатъев, А. Д. Исследование устойчивости очистного забоя / А. Д. Игнатъев. М.: Наука. – 1967. – 91 с.

38. Кантович, Л. И. Горные машины и оборудование для подземных горных работ / Л. И. Кантович, В. Г. Мерзляков. Москва: Изд-во МГГУ – 2014. – 408 с.

39. Карасев, С. П. Тенденция изменения технико-экономических показателей механизированных комплексов / С. П. Карасев, Е. П. Грабская // ИГД им. А. А. Скочинского. – 1986. – С. 84-89.

40. Клементьева, И. Н. Обоснование и выбор динамических параметров трансмиссии привода шнека очистного комбайна: дис...канд.техн.наук: 05.05.06 / И. Н. Клементьева. М.: МИСиС. – 2015. – 122 с.

41. Коровкин, Ю. А. Механизированные крепи очистных забоев / Ю. А. Коровкин. М.: Недра. – 1990. – 413 с.

42. Кундель, Х. Механизация очистных работ в каменноугольной промышленности ФРГ в 1982 г. / Х. Кундель // Глюкауф. – 1983. – № 11. – С. 15-28.

43. Куракин, А. И. Исследование процесса погрузки угля базой комплекса или агрегата и установление ее рабочих параметров: автореф.дис....

канд.техн.наук: 05.05.06 / А. И. Куракин. – М. – 1975. – 21 с.

44. Ле, В. Х. Обоснование параметров подземной разработки наклонных пластов бассейна Куангнинь под охраняемыми объектами на поверхности: дис.... канд. техн. наук: 25.00.22 / В. Х. Ле. – СПб. – 2016. – 122 с.

45. Леванковский, И. А. Научные основы создания высокоэффективных инструментов для разрушения горных пород и породосодержащих композитов: дис.... докт.техн. наук: 05.05.06 / И. А. Леванковский. – М. – 1999. – 335 с.

46. Левин, А. Г. Исследование и совершенствование процесса погрузок и угля лемехами забойного конвейера: автореф.дис....канд.техн.назгк: 05.05.06 / А. Г. Левин. – Днепропетровск – 1979. – 20 с.

47. Линник, В. Ю. Повышение эффективности функционирования шнековых исполнительных органов очистных комбайнов в различных условиях применения: дис.... канд. техн. наук: 05.05.06 / В. Ю. Линник. – М. – 2004. – 171 с.

48. Малеев, Г. В. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов / Г.В. Малеев, В. Г. Гулияев, Н. Г. Бойко, П. А Горбатов. – М.: Недра – 1988. – 368 с.

49. Модин, В. В. Экспериментальные исследования и определение производительности шнековых исполнительных органов / В. В. Модин // Научные основы установления рациональных параметров средств выемки и доставки полезных ископаемых. – 1992. – С. 70-78.

50. Морозов, В. И. Очистные комбайны / В. И. Морозов, В. И. Чуденков, Н. В. Сурина. – М.: МГГУ. – 2006. – 650с.

51. Нго, К. Ч. Обоснование параметров механизированной крепи с системой управления выпуском угля на мощных наклонных пластах вьетнама: дис.... канд. техн. наук: 05.05.06 / К. Ч. Нго. - М.: МИСиС – 2014. – 139 с.

52. Нгуен, К. Л. Определение площади окна погрузки угля на конвейер шнековым исполнительным органом очистного комбайна / К. Л. Нгуен, В. В. Габов, В. С. Нгуен // Подземная угледобыча XXI век-1: Горный информационно-аналитический бюллетень –2018. – № 11. – С. 321-328.

53. Патент № 179911 Российская Федерация, МПК E21D 9/12. Погрузочный щиток с лемехом выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом / К. Л. Нгуен, В. В. Габов, – № 2018104748; заявл. 07.02.2018, опубл. 29.05.2018, Бюл. № 16.

54. Патент № 175 449 Российская Федерация, МПК E21C 27/00, E21C 35/00. Исполнительный орган очистного комбайна / К. Л. Нгуен, В. В. Габов, Д. А. Задков, – № 2017126413; заявл. 21.07.2017, опубл. 05.12.2017, Бюл. № 34.

55. Павленко, С. В. Комбайн КДК500 в забоях ООО «Шахтоуправление «Садкинское» / С. В. Павленко, А. О. Иванков, В. В. Косарев // Уголь. – М.: РПК ООО «ЦИТ». – 2008. – № 6. – С. 26 – 30

56. Позин, Е. З. Сопротивляемость углей разрушению режущими инструментами / Е. З. Позин. М.: Наука. – 1972. – 240 с.

57. Позин, Е. З. Разрушение угля выемочными машинами / Е. З. Позин, В. З. Меламед, В. В. Тон. М.: Недра. – 1984. – 288 с.

58. Ржевский, В. В. Проблемы горной промышленности и комплекса горных наук / В. В. Ржевский. М.: Изд-во МГИ – 1991. – 242 с.

59. Сафохин, М. С. Машины и инструмент для бурения скважин в угольных шахтах / М. С. Сафохин, Б. А. Катанов, В. Е. Тарасенко, А. А. лейников. М.: Недра. – 1972. – 216 с.

60. Сафохин, М. С. Горные машины и оборудование / М. С. Сафохин, Б.А. Александров, В. И. Нестеров. М.: Недра. – 1995. – 463 с.

61. Совертков, А. И. Исследование и создание самозагружающегося скребкового конвейера для механизации отработки наклонных и крутых пластов по падению: автореф.дис....канд.техн.наук: 05.05.06 / А. И. Совертков. – Кемерово – 1972. – 244 с.

62. Солод, В. И. Горные машины и автоматизированные комплексы / В. И. Солод, В. И. Зайков, К. М. Первов. М.: Недра. – 1981. – 504 с.

63. Солод, В. И. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов / В. И. Солод, В. Н. Гетопанов, В. М. Рачек. М.: Недра. – 1982. – 350 с.

64. Патент РФ № 2010119735/03 Российская Федерация, E21C 27/24. Исполнительный орган горного комбайна для выемки угля в пластах / А. П. Стариков, В. Ф. Тужиков, Ю. Д. Федоровский, А. А. Морозов, – № 2010119735; заявл. 9.05.2010, опубл. 27.11.2011, Бюл. № 5.

65. Талеров, М. П. Повышение эффективности применения поворотных резцов проходческих комбайнов выбором рациональных геометрических параметров инструментов: дис....канд.техн.наук: 05.05.06 / М. П. Талеров. СПб. – 2012. – 147 с.

66. Толстунов, С. А. Выбор эффективного исполнительного органа горного комбайна для разрушения многолетнемерзлых горных пород крупным сколом / С. А. Толстунов, С. П. Мозер // Горного информационно-аналитического бюллетеня. – 2015. – С. 82-86.

67. Топчиев, А. В. Горные машины – справочник / А. В. Топчиев, В. И. Ведерников. – 1960. – 384 с.

68. Топчиев, А. В. Горные машины и комплексы / А. В. Топчиев, В. И. Ведерников, М. Т. Коленцев. М.: Недра. – 1971. – 560 с.

69. Тургель, Д. К. Горные машины и оборудование подземных разработок: Учебное пособие / Д. К. Тургель. Екатеринбург: Изд-во УГГУ – 2007. – 302 с.

70. Фам, В. Т. Анализ влияния горно-геологических условий угольных пластов на ресурс работы поворотных резцов очистных комбайнов / В. Т. Фам, К. Л. Нгуен // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2018. – № 1-2. – С. 53-55.

71. Фролов, А. Г. К методике решения задач увеличения выхода крупных классов и уменьшения пылеобразования при добыче угля / А. Г. Фролов // Науч.сообщ. ИГД. – 1972. – С. 152-161.

72. Хор, Я. М. Исследование совместной работы шнековых исполнительных органов и скребковых конвейеров с целью повышения производительности комбайнов: автореф. дис....канд.техн.наук: 05.05.06 / Я. М. Хор. – М.: Ин-т горного дела им. А.А. Скочинского – 1978. – 16 с.

73. Хорешок, А. А. Производство и эксплуатация разрушающего инструмента горных машин / А. А. Хорешок, Л. Е. Маметьев, А. М. Цехин. Томск: Изд-во Томского политехнического университета – 2013. – 296 с.
74. Хорин, В. Н. Перспективы развития технологий и средств выемки угля в длинных очистных забоях / В. Н. Хорин // Уголь. – 1988. – № 1. – С. 43-45.
75. Шпитбаум, И. М. Определение режимов работы слабонаклонного винтового конвейера / И. М. Шпитбаум // Вестник машиностроения. – 1970. – № 4. – С. 8-14.
76. Щербань, А. Н. История технического развития угольной промышленности Донбаса / А. Н. Щербань. Киев: - Наукова думка. – 1969. – 350 с.
77. Эйдерман, Б. А. Закономерности формирования грузопотока и энергозатрат на скребковых конвейерах / Б. А. Эйдерман. М.: Наука. – 1984. – 133 с.
78. Ayhan, M. Comparison of globoid and cylindrical shearer drums' loading performance / M. Ayhan, E. M. Eyyuboglu // The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy. – 2006. – Vol. 106. – PP. 51-56.
79. Doan, V. K. Giao trinh may va thiet bi mo / V. K. Doan. Ha Noi: Nha xuat nam giao thong van tai – 1997. – 157 с.
80. Gabov, V. V. Analyzing coal breakage while mining at the mines of Vorkuta / V. V. Gabov, Y. V. Lykov, A. A. Bannikov // International Mining Conference Advanced mining for sustainable development. – 2010. – PP. 283-285.
81. Gabov, V. V. Energy-saving modular units for selective coal cutting / V. V. Gabov, D. A. Zadkov // Eurasian mining. – 2016. – № 1. – PP. 37-40.
82. Gabov, V. V. Features of elementary burst formation during cutting coals and isotropic materials with reference cutting tool of mining machines / V. V. Gabov, D. A. Zadkov, K. L. Nguyen // Journal of Mining Institute. – 2019. – Vol. 236. – PP. 153
83. Gao, Kuidong Influence of the drum position parameters and the ranging

arm thickness on the coal loading performance / Gao Kuidong, Du Changlong, Dong Jianghui, Zeng Qingliang // Minerals. – 2015. – Vol. 5. – PP. 723-736.

84. Gao, Kuidong Kuidong Particle movement behavior in drum coal loading process by discrete element method / Kuidong Gao // EJGE. – 2016. – Vol. 21. – PP. 163-173.

85. Hoseinie, S. H. Assessment of Reliability-Related Measures for Drum Shearer Machine, a Case Study / S. H. Hoseinie, B. Ghodrati, U. Kumar // International Symposium High Performance Mining. – 2014. – PP. 55-62.

86. Khair, A. W. Research and innovations for continuous miner's cutting head, for efficient cutting process of rock/coal / A. W. Khair // International Mining Congress and Exhibition of Turkey- IMCET2001. – 2001. – PP. 45-55

87. Kuidong, Gao Research on the effect of dip angle in mining direction on drum loading performance: a discrete element method / Gao Kuidong, Wang Liping, Du Changlong, Li Jiannan, Jianghui Dong // – 2016. – Volume 89. – PP. 2323-2334.

88. Liu, C. S. Theoretical design foundation of shearer / C. S. Liu // Xuzhou: China University of Mining & Technology Press. – 2003. – PP. 42-44.

89. Liu, Songyong Parameters analysis of shearer drum loading performance / Songyong Liu, Changlong Du, Jiajia Zhang, Hao Jiang // Mining Science and Technology (China). – 2011. – Vol. 21. – PP. 621–624.

90. Manual., PFC3D: User Itasca Consulting Group / Minneapolis, MN, USA. – 2003.

91. Nguyen, K. L. Improvement of drum shearer coal loading performance / K. L. Nguyen, V. V. Gabov, D. A. Zadkov // Eurasian mining. – 2018. – 2. – PP. 22-25.

92. Nguyen, K. L. Justification of process of loading coal onto face conveyors by auger heads of shearer-loader machines / K. L. Nguyen, V. V. Gabov, D. A. Zadkov, T. B. Le. – DOI:10.1088/1757-899X/327/4/042132. –Текст: электронный // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Volume. – 2018. 327 042132. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/327/4/042132/pdf> (data of issue: 12 April 2018).

93. Nguyen, K. L. Substantiation of the parameters of coal unloading process onto the conveyor using shearer drums / K. L. Nguyen, V. V. Gabov, Y. V. Lykov. – DOI:10.1088/1755-1315/194/4/042019. – Текст: электронный // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. 194 042019. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/194/4/042019/pdf> (data of issue: 15 November 2018).

94. Nguyen, K. L. To raise the effect of loading coal onto scraper conveyor by the cutting drums of the cutter - loader shearer / K. L. Nguyen, V. T. Pham, V. G. Doan // Earth sciences and natural resources for sustainable development: ERSD-2018. – 2018. – PP. 13-17.

95. Nguyen, K. L. Improving efficiency of cleanup and coal flow formation on conveyor by shearer loader with accessorial blade / K. L. Nguyen, V. V. Gabov, D. A. Zadkov // Eurasian mining. – 2019. – No. 1. – PP. 37-39.

96. Nguyen, K. L. Study of the influence of structure and parameters of loading and transporting devices of a cleaning combine on the efficiency of coal loading / K. L. Nguyen, V. V. Gabov, V. G. Doan, V. T. Pham. – DOI: 10.1088/1742-6596/1384/1/012036. – Текст: электронный // Journal of Physics: Conference Series (JPCS). – 2019. 1384 012036. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1384/1/012036/pdf> (data of issue: 29 November 2019).

97. Nguyen, V. X. Increasing the coarse coal fractions yield during coal mining using shearer cutting drums / V. X. Nguyen, K. L. Nguyen, Y. V. Lykov. – DOI:10.1088/1755-1315/378/1/012095. – Текст: электронный // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. 378 012095. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/378/1/012095/pdf> (data of issue: 14 November 2019).

98. Nguyen, V. X. Relocation schemes of picks with cutting, coupling and group cuts on shearer cutting drums / V. X. Nguyen, K. L. Nguyen, V. V. Gabov, Y. V. Lykov. – DOI:10.1088/1755-1315/378/1/012022. – Текст: электронный // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. 378 012025. –

URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/378/1/012022/pdf> (data of issue: 14 November 2019).

99. Peng, S. S. Longwall Mining / S. S. Peng. U.S.: 2<sup>nd</sup> edition – October 2006. – 621 p.

100. Piotr, Gospodarczyk Modeling and simulation of coal loading by cutting drum in flat seams / Gospodarczyk Piotr // Archives of Mining Sciences. – 2016. – Vol. 61. – PP. 365–379.

101. Qianqian, Zhang Prediction of tool forces in Rock cutting using discrete element method / Qianqian Zhang, Zhennan Han, Mengqi Zhang, Jianguang Zhang // EJGE. – 2015. – Vol. 20. – PP. 1607-1625.

102. Skryabin, R.M. Development of an innovative shneko-heat-sink boring shell for drilling of shurfo-wells in the conditions of a kriolitozona / R.M. Skryabin, N.G. Timofeev // Eurasian mining. – 2016. – № 1. – PP. 33-36.

103. Tiryaki, B. A new computer program for cutting head design of roadheaders and drum shearers / B. Tiryaki, M. Ayhan, O. Z. Hekimoglu // 7th International Mining Congress and Exhibition of Turkey- IMCET 2001. – 2001. – PP. 1-9.

104. Vinacomin. Qua trinh hinh thanh va phat trien cua nganh than vung Quang Ninh. 2016; – URL: <http://thuviendientu.baoquangninh.com.vn/kinh-te/201611/qua-trinh-hinh-thanh-va-phat-trien-cua-nganh-than-quang-ninh-2322909/index.htm> (data of issue: 16\11\2016).

105. Wang, F. Practice and prospects of fully mechanized mining technology for thin coal seams in China / F. Wang, S. Tu, Q. Bai // Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy. – 2012. – Vol. 112. – PP. 161-170.

106. Zagrivnyj, E. A. External dynamics formation in mining machines / E. A. Zagrivnyj, G. G. Basin // Journal of Mining Institute. – 2016. – Vol. 217. – PP. 140-149.

107. Zhang, Q. Y. MG 200/450-WD Drum shearer on thin seam / Q. Y. Zhang, Y. H. He, Y. K. Xu // Coal Mine Electromechanical. – 2002. – Vol. 5. – PP. 47-48.

108. Zvonarev, I. E. Efficiency improvement of loading of potassium ore by means of «Ural-20R» heading-and-winning machine / I. E. Zvonarev, D. I. Shishlyannikov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science – 2017. – 87 022025. – PP. 1-5.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А. Патент на полезную модель «Исполнительный орган  
очистного комбайна»**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**ПАТЕНТ**  
НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ  
№ 175449

**ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ОРГАН ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА**

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Нгуен Кхак Линь (RU), Габов Виктор Васильевич (RU), Задков Денис Александрович (RU)*

Заявка № 2017126413  
Приоритет полезной модели 21 июля 2017 г.  
Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 05 декабря 2017 г.  
Срок действия исключительного права на полезную модель истекает 21 июля 2027 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11)**175 449**<sup>(13)</sup> **U1**(51) МПК  
E21C 27/00 (2006.01)  
E21C 35/00 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2017126413, 21.07.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
21.07.2017Дата регистрации:  
05.12.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 21.07.2017

(45) Опубликовано: 05.12.2017 Бюл. № 34

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный  
университет", отдел интеллектуальной  
собственности и трансфера технологий (отдел  
ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Нгуен Кхак Линь (RU),  
Габов Виктор Васильевич (RU),  
Задков Денис Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: SU 1742473 A1, 23.06.1992. SU  
235690 A1, 24.01.1969. SU 1134710 A,  
15.01.1985. RU 2431748 C1, 20.10.2011. RU  
2441893 C2, 10.02.2012. RU 156211 U1,  
10.11.2015.

## (54) ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ОРГАН ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА

(57) Реферат:

Полезная модель относится к горному машиностроению и служит для повышения эффективности погрузки угля на конвейер увеличением размеров площади сечения погрузочного окна и размеров зоны погрузки. Исполнительный орган выполнен в виде поворотной рамы, представляющей собой две боковые балки, жестко соединенные с одной стороны втулкой, а другой стороны балки жестко соединены корпусом привода исполнительного органа, при этом одна завальная балка конструктивно выполнена в виде ребер жесткости корпуса редуктора шнека и расположена над завальным бортом конвейера, а вторая забойная балка выполнена в виде дополнительной подшипниковой опоры приводного вала к шнеку

и расположена над забойным бортом конвейера, при этом нижние поверхности балок выполнены вогнутыми вверх, ступица шнека выполнена конусной с уменьшением диаметра к погрузочному окну, а забойная балка выполнена с сечением, меньшим, чем сечение завальной балки. Технико-экономическая эффективность технического решения заключается в увеличении объема погруженного угля на конвейер в единицу времени как при рабочем ходе комбайна в процессе добычи, так и при холостом ходе комбайна с зачисткой почвы, т.е. в увеличении максимальной производительности комбайна, снижении измельчения угля при погрузке и удельного расхода энергии на погрузку угля.

RU 175449 U1

RU 175449 U1

RU 175 449 U1

Полезная модель относится к горному машиностроению и предназначена для повышения эффективности погрузки угля на конвейер шнековым исполнительным органом очистного комбайна увеличением площади погрузочного окна и размеров зоны погрузки.

5 Известен шнековый исполнительный орган угольного комбайна (авторское свидетельство SU №235690, опублик. 24.01.1969 г.), содержащий ступицу и лопасти с кулаками, оснащенными резцами, при этом каждая лопасть выполнена с уменьшающимся шагом от наружного к внутреннему диаметру.

10 Недостатками изобретения являются малая погрузочная способность исполнительного органа вследствие уменьшающегося шага навивки лопастей шнека и малого размера погрузочного окна, поворотный редуктор, находящийся над конвейером из-за малого клиренса, ограничивает пространство зоны погрузки и толщину слоя транспортируемого груза.

15 Известен шнековый исполнительный орган (авторское свидетельство SU №1093805, опублик. 23.05.1984 г.), содержащий ступицу с установленными на ней лопастями, содержащими кулаки с резцами, при этом участок лопасти выполнен с углом подъема, равным углу трения материала о лопасть.

20 Недостатками данной конструкции являются уменьшение усилия выгрузки угля на выходе из шнека пропорционально увеличению угла подъема лопасти к образующей ступицы после указанного выше участка до максимума у разгрузочного торца шнека и малая погрузочная способность исполнительного органа вследствие малого погрузочного окна (на конвейер), ограниченного размерами поворотного редуктора; малые размеры зоны погрузки на конвейере.

25 Известен шнековый исполнительный орган (патент RU №2431748, опублик. 20.10.2011 г.), содержащий ступицу, установленную на приводном валу поворотного редуктора, и винтовые лопасти, на которых расположены резцедержатели с резцами, причем ступица выполнена в виде прямого усеченного конуса, при этом круг меньшего диаметра, которым является один из торцов ступицы, расположен со стороны поворотного редуктора, причем винтовые лопасти имеют постепенно увеличивающуюся по длине ступицы высоту по направлению к поворотному редуктору.

30 Недостатками данного устройства являются малый размер погрузочного окна, ограниченный размерами поворотного редуктора, и поворотный редуктор, находящийся над конвейером из-за малого клиренса, ограничивает площадь погрузочного окна и размеры площади сечения потока на конвейере в зоне погрузки.

35 Известен исполнительный орган очистного комбайна (авторское свидетельство SU №1134710, опублик. 15.01.1985 г.), включающий шнеки, установленные на поворотных редукторах, между нижними гранями корпуса которых и почвой пласта имеются окна погрузки, при этом каждый корпус редуктора снабжен ребрами погрузки, выполненными на забойной и нижней гранях корпусов редукторов, при этом ребра погрузки попарно образуют пазы, ориентированные от шнеков, ребра погрузки на забойной грани корпуса каждого редуктора выполнены разной высоты, причем высота каждого последующего ребра увеличивается к центру шнека и не превышает ширины пазов.

45 Недостатками изобретения являются низкая эффективность погрузки угля на конвейер вследствие малого размера погрузочного окна, поворотный редуктор, находящийся над конвейером, уменьшает пространство зоны погрузки, ограничивая сечение потока угля на конвейере, и ограничено усилие погрузки угля шнековыми исполнительными органами из-за постоянства шага навивки лопастей и диаметра ступицы.

RU 175 449 U1

Известен исполнительный орган очистного комбайна (авторское свидетельство SU №1742473, опубл. 23.06.1992 г.), принятый за прототип, включающий шнеки, установленные на поворотных редукторах, нижняя поверхность корпуса каждого из которых выполнена вогнутой с образованием погрузочных окон, при этом вогнутая  
5 поверхность последних выполнена с кривизной, увеличивающейся в сторону шнека, вогнутая поверхность выполнена по дуге, и вогнутая поверхность выполнена из плоскостей, установленных под углом друг к другу.

Недостатками изобретения являются поворотный редуктор, находящийся над конвейером и из-за малого клиренса ограничивает пространство зоны погрузки, и  
10 размер погрузочного окна ограничен ступицей шнека постоянного диаметра.

Техническим результатом является повышение эффективности выгрузки угля из зоны разрушения, погрузки его на забойный конвейер и снижение при этом измельчения угля и расхода энергии шнековым исполнительным органом очистного комбайна в  
15 длинных комплексно-механизированных очистных забоях угольных шахт при подземной добыче.

Технический результат достигается тем, что корпус исполнительного органа выполнен в виде поворотной рамы, представляющей собой две боковые балки, жестко соединенные с одной стороны втулкой, а другой стороны балки жестко соединены корпусом привода  
20 исполнительного органа, при этом завальная балка выполнена за одно целое с корпусом редуктора шнека, с ребрами жесткости, а забойная балка выполнена в виде дополнительной подшипниковой опоры приводного вала к шнеку, при этом нижние поверхности балок выполнены вогнутыми вверх, ступица шнека выполнена конусной с уменьшением диаметра по направлению к забойной балке, при этом сечение забойной балки выполнено меньшим, чем сечение завальной балки

25 Устройство исполнительного органа очистного комбайна поясняется следующими чертежами:

фиг. 1 - общий вид очистного комбайна;

фиг. 2 - фронтальный вид очистного комбайна;

фиг. 3 - вид торцевой (без щитка), где:

- 30 1 - шнек;  
2 - втулка;  
3 - забойная балка;  
4 - завальная балка;  
5 - корпус привода исполнительного органа;  
35 6 - шарнирное соединение;  
7 - конвейер;  
8 - подпорный щиток;  
9 - гидродомкрат;  
10 - корпус комбайна;  
40 11 - забойная лыжа;  
12 - завальная лыжа;  
13 - ступица шнека;  
14 - погрузочное окно;  
15 - объем зоны погрузки угля на конвейере.

45 Исполнительный орган очистного комбайна состоит (фиг. 1) из корпуса исполнительного органа и шнека 1 с подпорным щитком 8. Корпус исполнительного органа содержит балки завальную 4 и забойную 3, соединенные с одной стороны втулкой 2, а с другой стороны балки жестко соединены с корпусом привода

исполнительного органа 5. Корпус исполнительного органа закреплен шарнирным соединением 6 на корпусе комбайна 10 (фиг. 2) с возможностью его поворота исполнительного в вертикальной плоскости гидродомкратом 9, закрепленным одним концом к корпусу комбайна 10, а другим концом шарнирно присоединен к корпусу привода исполнительного органа 5. Комбайн опирается, с возможностью продольного его перемещения, на конвейер 7 двумя парами лыж: забойными лыжами 11 (фиг. 3) и завальными лыжами 12. Забойная балка 3 образует своей нижней поверхностью совместно с забойным бортом конвейера 7, подпорным щитком 8 и ступицей шнека 13 погрузочное окно 14 угля на конвейер 7, а поверхности полки конвейера 7, втулки 2, подпорного щитка 8 и поверхность контакта шнека с забоем ограничивают объем зоны погрузки угля на конвейере 15. Нижние поверхности забойной балки 3 и завальной балки 4, конструктивно совмещенной с редуктором шнека, выполнены вогнутыми, ступица шнека - конусной с уменьшением диаметра по направлению к забойной балке 3 и погрузочному окну 14, а сечение забойной балки меньше сечения завальной балки, что увеличивает площадь погрузочного окна.

Устройство работает следующим образом. Очистной комбайн содержит два, симметрично расположенных по длине комбайна, исполнительных органа. По направлению движения комбайна с выемкой угля опережающий шнек осуществляет выемку верхней пачки (слоя) угля в пласте с выгрузкой разрушенной массы с уступа на конвейер. Нижнюю пачку пласта разрушает отстающий, по ходу движения комбайна, шнек, который выгружает разрушенную массу на забойный конвейер через окно погрузки ограниченных размеров, по сравнению с опережающим шнеком, следствием чего являются снижение производительности шнека, неполная погрузка угля на конвейер, дополнительное переизмельчение угля и повышение расхода энергии. Очистной комбайн работает как по односторонней, так и по челноковой схемам. При изменении на концевых участках лавы направления движения комбайна меняются положения опережающего и отстающего шнеков по мощности пласта. Положение шнеков по мощности пласта регулируется изменением наклона корпуса исполнительного органа, включающего в себя редуктор 5, к корпусу комбайна 10 гидродомкратом 9. Опережающий шнек, по ходу движения комбайна, разрушает верхний слой угольного пласта, выгружает разрушенный уголь из зоны разрушения и грузит уголь с уступа на конвейер.

Отстающий по ходу движения комбайна шнек 1 (фиг. 1) разрушает нижний слой угольного пласта, выгружает разрушенную массу с опорой на подпорный щиток 8 из зоны разрушения на забойный конвейер 7. При такой схеме работы основная часть отбитого угля грузится на конвейер 7 отстающим шнеком через погрузочное окно 14, образованное нижней поверхностью забойной балки 3, забойным бортом конвейера 7, подпорным щитком 8 и ступицей шнека 13. А размеры объема зоны погрузки угля на конвейере 15 образуют поверхности полки конвейера 7, втулки 2, подпорного щитка 8 и поверхность контакта шнека 1 с забоем. Увеличение площади сечения погрузочного окна 14 (фиг. 2) и объема зоны погрузки угля на конвейере 15 (фиг. 3) обеспечивается тем, что корпус исполнительного органа очистного комбайна выполнен в виде рамы, содержащей две разнесенные по ширине комбайна балки: завальную балку 4 и забойную балку 3. Завальная балка 4, выполненная как одно целое с корпусом редуктора к шнеку 1, с ребрами жесткости, расположена с завальной стороны комбайна над завальным бортом конвейера 7. Забойная балка 3, представляющая собой дополнительную подшипниковую опору приводного вала к шнеку 1, расположена над забойным бортом конвейера 7. При этом завальная балка 4 и забойная балка 3 у основания жестко

соединены корпусом привода исполнительного органа 5, а с другой стороны они связаны втулкой 2, повышающей жесткость рамы. Нижние поверхности забойной балки 3 и завальной балки 4 выполнены вогнутыми вверх, ступица шнека 13 - конусной с уменьшением ее диаметра к забойной балке 3 и погрузочному окну 14, сечение завальной балки 3 меньше сечения забойной балки 4, что обеспечивает увеличение площади погрузочного окна 14 и объема зоны погрузки угля на конвейере 15.

Технико-экономическая эффективность технического решения заключается в увеличении производительности исполнительного органа шнекового типа очистных комбайнов по погрузке разрушенной горной массы на забойный конвейер, которое достигается снижением сопротивления ее перемещению предлагаемой формой поверхностей исполнительного органа очистного комбайна, образующих окно погрузки, увеличением площади погрузочного окна и объема зоны погрузки угля на конвейере, что в условиях подземной добычи угля в комплексно механизированных очистных забоях угольных шахт приводит к увеличению, по условию погрузки, максимальной производительности комбайна, к снижению переизмельчения угля и удельного расхода энергии на его погрузку.

(57) Формула полезной модели

Исполнительный орган очистного комбайна, включающий шнеки, установленные на поворотных редукторах, нижняя поверхность корпуса каждого из которых выполнена вогнутой с образованием погрузочных окон, при этом вогнутая поверхность последних выполнена с кривизной, увеличивающейся в сторону шнека, и вогнутая поверхность выполнена по дуге, и вогнутая поверхность выполнена из плоскостей, установленных под углом друг к другу, отличающийся тем, что корпус исполнительного органа выполнен в виде поворотной рамы, представляющей собой две боковые балки, жестко соединенные с одной стороны втулкой, а с другой стороны балки жестко соединены корпусом привода исполнительного органа, при этом завальная балка выполнена за одно целое с корпусом редуктора шнека, с ребрами жесткости, а забойная балка выполнена в виде дополнительной подшипниковой опоры приводного вала к шнеку, при этом нижние поверхности балок выполнены вогнутыми вверх, ступица шнека выполнена конусной с уменьшением диаметра по направлению к забойной балке, при этом сечение забойной балки выполнено меньшим, чем сечение завальной балки.

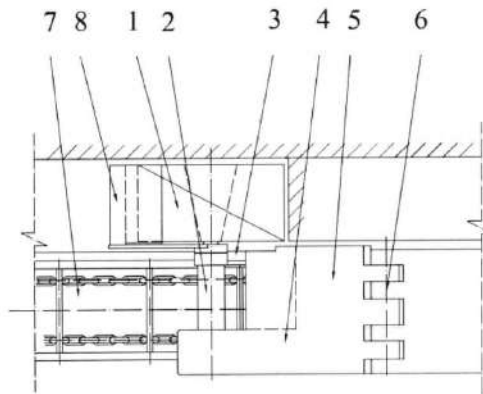
35

40

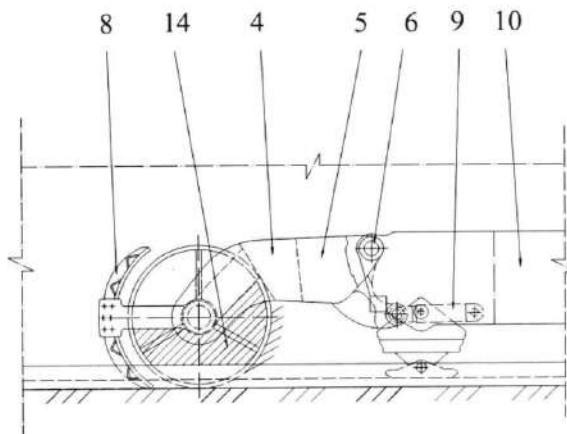
45

1

**ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ОРГАН ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА**



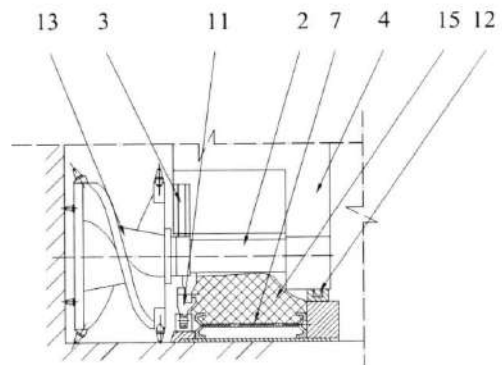
**Фиг. 1**



**Фиг. 2**

2

## ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ОРГАН ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА



Фиг. 3

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Патент на полезную модель «Погрузочный щиток с лемехом выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом»**



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) **179 911** (13) U1ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК

[E21D 9/12 \(2006.01\)](#)

(52) СПК

[E21D 9/12 \(2006.01\)](#)

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 27.06.2018)  
Пошлина: учтена за 2 год с 08.02.2019 по 07.02.2020(21)(22) Заявка: [2018104748](#), 07.02.2018(24) Дата начала отчета срока действия патента:  
07.02.2018Дата регистрации:  
29.05.2018Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 07.02.2018(45) Опубликовано: [29.05.2018](#) Бюл. № 16(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: SU 1467169 A1, 23.03.1989. SU  
196019 A1, 16.05.1967. SU 1700229 A1,  
23.12.1991. SU 1234615 A1, 30.05.1986. RU  
2244124 C2, 10.01.2005. DE 2630443 A,  
12.01.1978.Адрес для переписки:  
199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский  
горный университет", отдел  
интеллектуальной собственности и  
трансфера технологий (отдел ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Игуев Кхак Линь (RU),  
Габов Виктор Васильевич (RU)

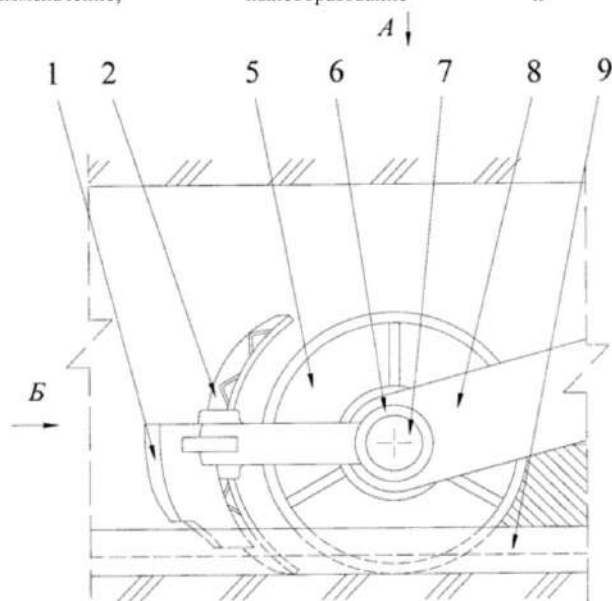
(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский  
горный университет" (RU)(54) ПОГРУЗОЧНЫЙ ЩИТОК С ЛЕМЕХОМ ВЫЕМОЧНОГО КОМБАЙНА СО ШНЕКОВЫМ  
ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ

(57) Реферат:

Полезная модель относится к оборудованию для механизированной выемки  
полезного ископаемого, в частности к очистным комбайнам, оборудованным  
шнековыми исполнительными органами.Погрузочный щиток с лемехом выемочного комбайна со шнековым  
исполнительным органом, включающий рабочую поверхность, выполненную в виде  
части усеченного конуса, опорный кронштейн для крепления погрузочного щитка на  
шнековом исполнительном органе, при этом ось симметрии рабочей поверхности  
погрузочного щитка, закрепленного на шнековом исполнительном органе,  
параллельна оси вращения шнекового исполнительного органа. Лемех соединен  
кронштейном со втулкой с корпусом привода исполнительного органа и установлен  
между щитком и забойным конвейером под углом, меньшим 90° к его борту так, что  
нижняя кромка профиля лемеха эквидистантна сопрягаемой поверхности забойного  
борта конвейера и установлена с зазором.Погрузочный щиток с лемехом в зоне погрузки формирует поток угля из зоны  
разрушения на конвейер, повышая эффективность погрузки снижением  
сопротивления его движению, повышением полноты зачистки почвы, снижая

измельчение, пылеобразование и энергозатраты.



Фиг. 1

Полезная модель относится к оборудованию для механизированной выемки полезного ископаемого, в частности к очистным комбайнам, оборудованным шнековыми исполнительными органами.

Известен угольный узкозахватный комбайн (авторское свидетельство SU №307186, опубл. 21.06.1971 г.), включающий исполнительный орган в виде нерегулируемого нижнего шнека и регулируемого по мощности пласта верхнего шнека и погрузочное устройство, выполненное в виде двух щитов, при этом один из щитов укреплен на корпусе комбайна, а другой - на кронштейне, жестко связанном с корпусом посредством балки.

Недостатками известного устройства являются неустойчивые положение щита, закрепленного кронштейном на промежуточной части, расположенной над конвейером и жестко закрепленной продольной балкой к комбайну. Одностороннее консольное крепление погрузочного щитка не исключает его подъем над почвой выработки с опорой на слой штыба и при изменении профиля почвы пласта, щиты не формируют направление потока грузимого угля по направлению потока угля на забойном конвейере, различная эффективность зачистки почвы щитами, закрепленными на корпусе комбайна и на кронштейне с промежуточной частью и балкой.

Известен исполнительный орган горного комбайна (авторское свидетельство SU №1051265, опубл. 30.10.1983 г.), включающий ступицу с режуще-погрузочными элементами и погрузочный лемех, при этом режуще-погрузочные элементы выполнены в виде дисков, имеющих в продольном сечении форму эллипсов, при чем смежные диски наклонены друг к другу под одинаковым углом, а погрузочный лемех соединен со ступицей посредством втулок, установленных на ступице, и тяг, жестко закрепленных по краям лемеха.

Недостатками изобретения являются низкая надежность узла соединения погрузочных дисков со ступицей исполнительного органа вследствие раздельного крепления смежных дисков, не эффективная погрузка вследствие прерывистого перемещения угля раздельными дисковыми лопастями, сложное соединение лемеха со ступицей двумя тягами.

Известно погрузочное устройство очистного комбайна (авторское свидетельство SU №473824, опубл. 14.06.1975 г.), включающее лемех с отвалом и раму, при этом лемех с отвалом соединен с рамой шарнирно горизонтальной осью, расположенной за плоскостью отвала.

Недостатками изобретения являются не возможность челноковой схемы работы комбайна, не устойчивое положение лемеха из-за консольного крепления, дополнительной гибкой или жесткой связи устройства с корпусом комбайном. Ограничена надежность из-за сложной конструкция погрузочного устройства и большой длины тяги, возможность заклинивания рамы при движении комбайна и изгибах забойного конвейера или подъема рамы над конвейером, что исключит возможность погрузки.

Известен угольный комбайн (авторское свидетельство SU №1819327, опубл. 30.05.1993 г.), включающий корпус, на котором установлен исполнительный орган, механизм перемещения комбайна и погрузочный щит, шарнирно закрепленный на корпусе комбайна за исполнительным органом по ходу движения комбайна с возможностью поворота при помощи промежуточного элемента, с самоустановкой погрузочного щитка в заданное положение при холостом и рабочем ходе комбайна, при этом промежуточный элемент выполнен в виде отрезка гибкой связи, длина которого равна не более четверти длины окружности, образованной радиусом, равным расстоянию от места крепления погрузочного щита к корпусу комбайна до места крепления отрезка гибкой связи к погрузочному щиту.

Недостатками этого устройства являются невозможность челноковой схемы работы комбайна, работа комбайна по выемке угля только односторонняя, с перегонем комбайна с зачисткой почвы при обратном ходе, не качественная зачистка почвы, так как погрузочный щит не регулируется по почве плата.

Известен погрузочный щиток для выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом (авторское свидетельство SU №1467169, опубл. 23.03.1989 г.), принятый за прототип, включающий рабочую поверхность, выполненную в виде части усеченного конуса, опорный кронштейн для крепления погрузочного щитка на шнековом исполнительном органе, при этом ось симметрии рабочей поверхности щитка, закрепленного на шнековом исполнительном органе, смещена вертикально вниз относительно оси вращения шнекового исполнительного органа и параллельна последней.

Недостатками устройства являются невозможность осуществления зачистки угля над бортом конвейера, что приводит к недостаточной эффективности процесса погрузки угля на конвейер и зачистки почвы.

Техническим результатом является повышение эффективности выгрузки угля из зоны разрушения, погрузки его на забойный конвейер и снижение при этом количества угля, оставшегося на почве, снижение расхода энергии шнековым исполнительным органом на погрузку при работе очистных комбайнов в длинных комплексно-механизированных очистных забоях угольных шахт при подземной добыче.

Технический результат достигается тем, что устройство дополнительно содержит лемех, соединенный кронштейном со втулкой с корпусом привода исполнительного органа и установленный между щитком и забойным конвейером под углом, меньшим  $90^\circ$  к его борту так, что нижняя кромка профиля лемеха эквидистантна сопрягаемой поверхности забойного борта конвейера и установлена с зазором.

Устройство исполнительного органа очистного комбайна поясняется следующими фигурами:

- фиг. 1 - общий вид;
- фиг. 2 - вид сверху;
- фиг. 3 - вид сзади, где:
- 1 - лемех;
- 2 - погрузочный щиток;
- 3 - кронштейн;
- 4 - опорный кронштейн;
- 5 - шнековый исполнительный орган;
- 6 - втулка;
- 7 - ступица;
- 8 - корпус привода исполнительного органа;
- 9 - конвейер;
- 10 - забой.

Погрузочный щиток с лемехом выемочного комбайна с двумя симметрично расположенными по длине комбайна, шнековыми исполнительными органами 5, регулируемые по мощности пласта, состоит (фиг. 1, 2, 3) из корпуса привода исполнительного органа 8 со шнековым исполнительным органом 5. К корпусу привода исполнительного органа 8 закреплен опорным кронштейном 4 погрузочный щиток 2. Выемочный комбайн опирается с возможностью продольного перемещения на конвейер 9. Лемех 1 установлен между погрузочным щитком 5 и конвейером 9 под

углом (к направлению движения цепи), меньшим  $90^\circ$  к завальному борту конвейера так, что нижняя кромка профиля лемеха 1 эквидистантна сопрягаемой поверхности забойного борта конвейера и установлена с зазором. Лемех 1 кронштейном 3 со втулкой 6 и ступицей 7 соединен с корпусом привода исполнительного органа 8 с возможностью поворота кронштейна 3 с лемехом 1 в транспортное положение с опорой на ступицу 7, при обратном ходе комбайна.

Устройство работает следующим образом. Очистной комбайн работает как по односторонней, так и по челноковой схемам. При изменении на концевых участках лавы направления движения комбайна меняются и положения опережающего и отстающего шнековых исполнительных органов по мощности пласта. При выемке угля комбайном опережающий, по направлению движения комбайна, шнековый исполнительный орган осуществляет выемку верхней пачки угля в пласте с выгрузкой разрушенной массы с уступа на конвейер 9. Нижнюю пачку пласта разрушает отстающий по ходу движения комбайна шнековый исполнительный орган 5, который выгружает разрушенную массу на забойный конвейер 9 через зазор между шнеком и конвейером.

Зазор между шнековым исполнительным органом 5 и конвейером 9 и площадь сечения погрузочного окна ограничены по размерам из-за особенностей компоновки узлов оборудования, что создает повышенное сопротивление движению потока угля при его погрузке на конвейер. Погрузочный щиток с лемехом предназначены для повышения эффективности погрузки угля на конвейер:

- снижением количества угля, остающегося на почве из-за не полной погрузки его на конвейер 9;

- повышением полноты выгрузки угля, находящегося в зоне между бортом конвейера и шнековым исполнительным органом, на конвейер;

- снижением объема циркулирующего угля в межлопастном пространстве шнекового исполнительного органа.

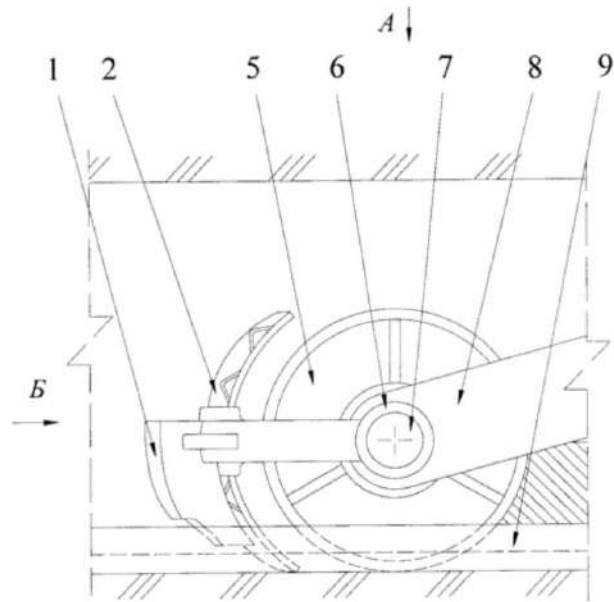
Отстающий по ходу движения комбайна шнек 5 (фиг. 1, 2, 3) разрушает нижний слой угольного пласта, выгружает разрушенную массу из зоны разрушения лопастями с опорой на погрузочный щиток 2 и на лемех 1, повторяющий профиль борта конвейера и установленный над ним с зазором, перемещает разрушенную массу на забойный конвейер 9.

Технико-экономическая эффективность технического решения заключается в формировании при погрузке потока угля с рациональными параметрами из зоны разрушения на конвейер с помощью погрузочного щитка с лемехом, чем достигается снижение сопротивления его движению, повышение полноты зачистки почвы, снижение дополнительного измельчения угля, пылеобразования и энергозатрат.

#### Формула полезной модели

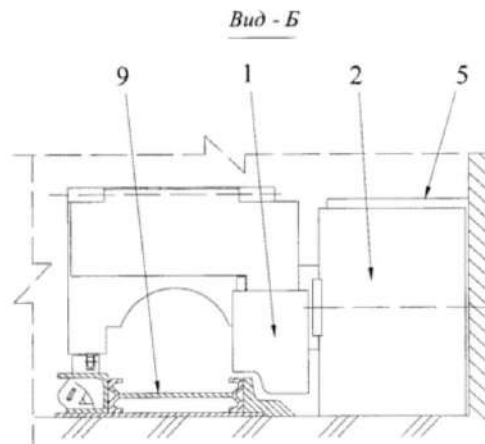
Погрузочный щиток с лемехом выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом, включающий рабочую поверхность, выполненную в виде части усеченного конуса, опорный кронштейн для крепления погрузочного щитка на шнековом исполнительном органе, при этом ось симметрии рабочей поверхности погрузочного щитка, закрепленного на шнековом исполнительном органе, параллельна оси вращения шнекового исполнительного органа, отличающийся тем, что дополнительно содержит лемех, соединенный кронштейном со втулкой с корпусом привода исполнительного органа и установленный между щитком и забойным конвейером под углом, меньшим  $90^\circ$  к его борту так, что нижняя кромка профиля лемеха эквидистантна сопрягаемой поверхности забойного борта конвейера и установлена с зазором.

**ПОГРУЗОЧНЫЙ ЩИТОК С ЛЕМЕХОМ ВЫЕМОЧНОГО  
КОМБАЙНА СО ШНЕКОВЫМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ**

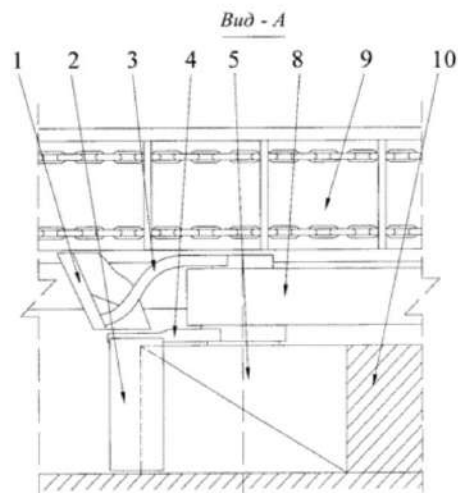


**Фиг. 1**

**ПОГРУЗОЧНЫЙ ЩИТОК С ЛЕМЕХОМ ВЫЕМОЧНОГО  
КОМБАЙНА СО ШНЕКОВЫМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ**



**Фиг. 2**



**Фиг. 3**

**ПРИЛОЖЕНИЕ В. Патент на полезную модель «Погрузочное устройство  
выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом»**

**РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ**



**ПАТЕНТ**  
НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ  
**№ 184290**

**ПОГРУЗОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ВЫЕМОЧНОГО  
КОМБАЙНА СО ШНЕКОВЫМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ  
ОРГАНОМ**

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования "Санкт-  
Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Габов Виктор Васильевич (RU), Нгуен Кхак Линь (RU),  
Лыков Юрий Васильевич (RU)*

Заявка № **2018124405**  
Приоритет полезной модели **03 июля 2018 г.**  
Дата государственной регистрации в  
Государственном реестре полезных  
моделей Российской Федерации **22 октября 2018 г.**  
Срок действия исключительного права  
на полезную модель истекает **03 июля 2028 г.**

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

 **Г.П. Иелиев**



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11)**184 290**<sup>(13)</sup> **U1**

(51) МПК  
*E21C 27/00* (2006.01)  
*E21C 35/00* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

**(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК  
*E21C 27/00* (2018.08); *E21C 35/00* (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2018124405, 03.07.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
03.07.2018

Дата регистрации:  
22.10.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 03.07.2018

(45) Опубликовано: 22.10.2018 Бюл. № 30

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
 федеральное государственное бюджетное  
 образовательное учреждение высшего  
 образования "Санкт-Петербургский горный  
 университет", отдел интеллектуальной  
 собственности и трансфера технологий (отдел  
 ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Габов Виктор Васильевич (RU),  
 Нгуен Кхак Линь (RU),  
 Лыков Юрий Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
 образовательное учреждение высшего  
 образования "Санкт-Петербургский горный  
 университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: SU 1467169 A1, 23.03.1989. SU  
 196019 A1, 16.05.1967. SU 859627 A1,  
 30.08.1981. SU 642476 A1, 15.01.1979. US  
 4346939 A1, 31.08.1982.

**(54) ПОГРУЗОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ВЫЕМОЧНОГО КОМБАЙНА СО ШНЕКОВЫМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ**

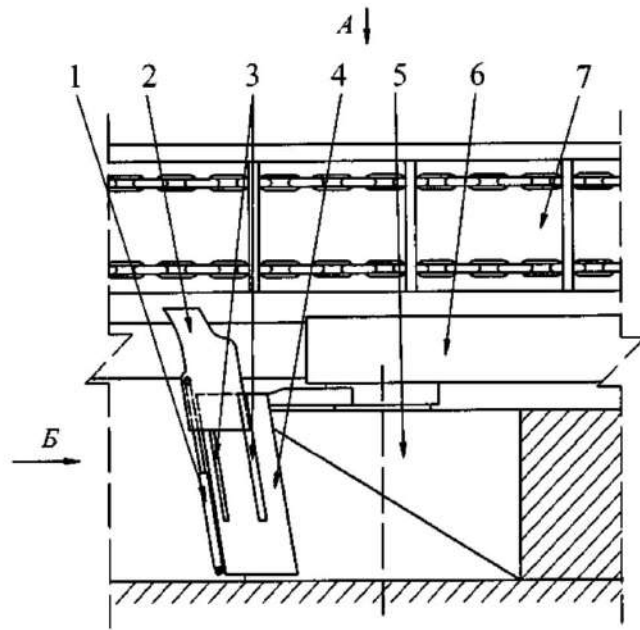
(57) Реферат:

Полезная модель относится к оборудованию для механизированной выемки полезного ископаемого, в частности к очистным комбайнам со шнековыми исполнительными органами, оборудованными погрузочными щитками и предназначенными для повышения эффективности погрузки добываемого угля на конвейер.

В исполнительном органе очистного комбайна, содержащем шнек и погрузочный щиток, установлен дополнительный щиток с возможностью поступательных смещений вдоль по скользящим направляющим опорам, закрепленных на погрузочном щитке с помощью гидравлического цилиндра, и при работе он находится между щитком и забойным конвейером под углом, меньшим 90°, к его борту так, что

нижняя кромка профиля дополнительного щитка 2 эквидистантна сопрягаемой поверхности забойного борта конвейера и установлена с зазором. Погрузочный щиток с дополнительным щитком в зоне погрузки формирует поток угля из зоны разрушения на конвейер, повышая эффективность погрузки снижением сопротивления его движению, повышением полноты зачистки почвы, снижая измельчение, пылеобразование и энергозатраты.

Для движения в обратном направлении комбайна по лаве дополнительный щиток с помощью гидроцилиндра смещается вдоль по скользящим направляющим опорам погрузочного щитка и затем поворачивается вместе с погрузочным щитком относительно оси шнекового исполнительного органа на 180°.



Фиг. 1

RU 184290 U1

RU 184290 U1

Полезная модель относится к оборудованию для механизированной выемки полезного ископаемого, в частности к очистным комбайнам со шнековыми исполнительными органами.

5 Известен угольный узкозахватный комбайн (авторское свидетельство SU №307186, опубл. 21.06.1971 г.), включающий исполнительный орган в виде нерегулируемого нижнего шнека и регулируемого по мощности пласта верхнего шнека и погрузочное устройство, выполненное в виде двух щитов, при этом один из щитов укреплен на корпусе комбайна, а другой - на кронштейне, жестко связанном с корпусом посредством балки.

10 Недостатками известного устройства являются, неустойчивые положение щита, закрепленного кронштейном на промежуточной части, расположенной над конвейером, и жестко закрепленной продольной балкой к комбайну, одностороннее консольное крепление погрузочного щитка не исключает его подъем над почвой выработки в случае опоры на слой штыба или при изменении профиля почвы пласта, щиты не  
15 формируют направление потока грузимого угля по направлению потока угля на забойном конвейере, различная эффективность зачистки почвы щитами, закрепленными на корпусе комбайна и на кронштейне с промежуточной частью и балкой.

Известен исполнительный орган горного комбайна (авторское свидетельство SU №1051265, опубл. 30.10.1983 г.), включающий ступицу с режуще-погрузочными  
20 элементами и погрузочный лемех, при этом режуще-погрузочные элементы выполнены в виде дисков, имеющих в продольном сечении форму эллипсов, при чем смежные диски наклонены друг к другу под одинаковым углом, а погрузочный лемех соединен со ступицей посредством втулок, установленных на ступице, и тяг, жестко закрепленных по краям лемеха.

25 Недостатками изобретения являются, низкая надежность узла соединения погрузочных дисков со ступицей исполнительного органа вследствие раздельного крепления смежных дисков, не эффективная погрузка вследствие прерывистого перемещения угля раздельными дисковыми лопастями, сложное соединение лемеха со ступицей двумя тягами.

30 Известно погрузочное устройство очистного комбайна (авторское свидетельство SU №473824, опубл. 14.06.1975 г.), включающее лемех с отвалом и раму, при этом лемех с отвалом соединен с рамой шарнирно горизонтальной осью, расположенной за плоскостью отвала.

35 Недостатками изобретения являются невозможность челноковой схемы работы комбайна, не устойчивое положение лемеха из-за консольного крепления, дополнительной гибкой или жесткой связи устройства с корпусом комбайном, ограничена надежность устройства из-за сложной его конструкции и большой длины тяги; возможность заклинивания рамы при движении комбайна и изгибах забойного конвейера или подъема рамы над конвейером, что исключит возможность погрузки.

40 Известен угольный комбайн (авторское свидетельство SU №1819327, опубл. 30.05.1993 г.), включающий корпус, на котором установлен исполнительный орган, механизм перемещения комбайна и погрузочный щит, шарнирно закрепленный на корпусе комбайна за исполнительным органом по ходу движения комбайна с возможностью поворота при помощи промежуточного элемента, с самоустановкой погрузочного  
45 щитка в заданное положение при холостом и рабочем ходе комбайна, при этом промежуточный элемент выполнен в виде отрезка гибкой связи, длина которого равна не более четверти длины окружности, образованной радиусом, равным расстоянию от места крепления погрузочного щита к корпусу комбайна до места крепления отрезка

гибкой связи к погрузочному щиту.

Недостатками этого устройства являются не возможность челноковой схемы работы комбайна, работа комбайна по выемке угля только односторонняя, с перегонком комбайна с зачисткой почвы при обратном ходе, не качественная зачистка почвы, так как погрузочный щит не регулируется по почве плата.

Известен погрузочный щиток для выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом (авторское свидетельство SU №1467169, опубл. 23.03.1989 г.), принятый за прототип, включающий рабочую поверхность, выполненную в виде части усеченного конуса, опорный кронштейн для крепления погрузочного щитка на шнековом исполнительном органе, при этом ось симметрии рабочей поверхности щитка, закрепленного на шнековом исполнительном органе, смещена вертикально вниз относительно оси вращения шнекового исполнительного органа и параллельна последней.

Недостатками устройства являются неполная зачистка почвы в пассивной зоне между шнековым исполнительным органом и забойным конвейером из-за того, что ширина захвата щитка ограничивается бортом корпуса привода исполнительного органа, и невозможность формирования рационального сечения потока угля на конвейере, что приводит к снижению эффективности процесса погрузки угля на конвейер и зачистки почвы.

Техническим результатом является повышение эффективности выгрузки угля из зоны разрушения, погрузки его на забойный конвейер со снижением при этом количества угля, остающегося на почве, и снижение расхода энергии на погрузку при работе очистных комбайнов в длинных комплексно-механизированных очистных забоях угольных шахт.

Технически результат достигается тем, что дополнительно установлен щиток, закрепленный на погрузочном щитке скользящими направляющими опорами с возможностью поступательного передвижения вдоль них с помощью гидроцилиндра и установленный между погрузочным щитком и забойным конвейером под углом меньшим 90 градусов к его борту, так, что нижняя кромка профиля дополнительного щитка эквидистантна сопрягаемой поверхности забойного борта конвейера и установлена с зазором.

Устройство исполнительного органа очистного комбайна поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 - расположение оборудования в забое (профиль);  
фиг. 2 - расположение оборудования в забое (в плане);  
фиг. 3 - расположение оборудования в забое (вид сзади).

где:

1 - гидроцилиндр;  
2 - дополнительный щиток;  
3 - скользящие направляющие опоры;  
4 - погрузочный щиток;  
5 - опорный кронштейн;  
6 - шнековый исполнительный орган;  
7 - корпус привода исполнительного органа;  
8 - конвейер;  
9 - рабочая поверхность погрузочного щитка.

Погрузочное устройство выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом 6 (фиг. 1, 2, 3), включает рабочую поверхность погрузочного щитка 9,

выполненную в виде части усеченного конуса, при этом ось симметрии рабочей поверхности погрузочного щитка 4, закрепленного на шнековом исполнительном органе 6, параллельна оси вращения шнекового исполнительного органа 6, опорный кронштейн 5 для крепления дополнительного щитка 2 на корпусе привода исполнительного органа 7 шнекового исполнительного органа 6, дополнительный щиток 2, закрепленный на погрузочном щитке 4 с возможностью возвратно-поступательного его смещения вдоль по скользящим направляющим опорам 3 с помощью гидроцилиндра 1. Дополнительный щиток 2 расположен между погрузочным щитком 4 и конвейером 8 под углом, меньшим  $90^\circ$  к завальному борту конвейера так, что нижняя кромка профиля дополнительного щитка 2 эквидистантна сопрягаемой поверхности забойного борта конвейера и установлена с зазором. Выемочный комбайн опирается лыжами на конвейер 8 с возможностью продольного возвратно-поступательного его перемещения относительно конвейера.

Устройство работает следующим образом. Очистной комбайн работает как по односторонней, так и по челноковой схемам. Перед изменением направления движения комбайна на концевых участках лавы меняются и положения опережающего и отстающего шнековых исполнительных органов по мощности пласта. При выемке угля комбайном опережающий, по направлению движения комбайна, шнековый исполнительный орган 6 осуществляет выемку верхней пачки угля в пласте с выгрузкой разрушенной массы с уступа на конвейер 8. Нижнюю пачку пласта разрушает отстающий по ходу движения комбайна шнек 6 (фиг. 1-3), который одновременно выгружает разрушенную массу из зоны разрушения лопастями шнека с опорой на погрузочный щиток 4 и на дополнительный щиток 2 и перемещает разрушенную массу на забойный конвейер 8. Для движения комбайна в обратном направлении по лаве дополнительный щиток 2 с помощью гидроцилиндра 1 смещаются вдоль по скользящим направляющим опорам 3 погрузочного щитка 4, и затем вместе с погрузочным щитком 4 поворачиваются относительно оси шнекового исполнительного органа 6 на  $180^\circ$ .

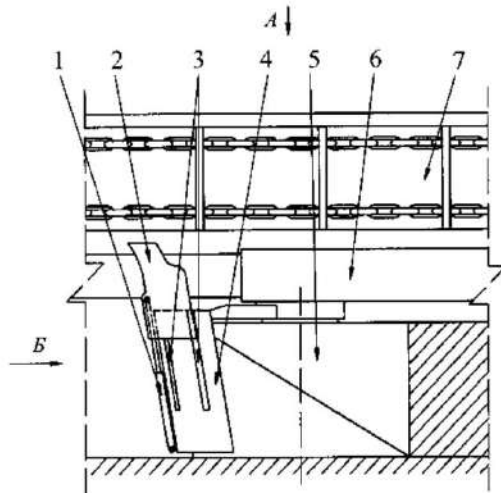
Технико-экономическая эффективность технического решения погрузочного устройства выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом заключается в формировании устойчивого потока угля из зоны разрушения на конвейер с меньшим сопротивлением его перемещению, с улучшением зачистки почвы в забое, со снижением интенсивности циркуляции, измельчения угля, пылеобразования и энергозатрат.

#### (57) Формула полезной модели

Погрузочное устройство выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом, включающее рабочую поверхность, выполненную в виде части усеченного конуса, опорный кронштейн для крепления погрузочного щитка на шнековом исполнительном органе, при этом ось симметрии рабочей поверхности погрузочного щитка, закрепленного на шнековом исполнительном органе, параллельна оси вращения шнекового исполнительного органа, отличающееся тем, что дополнительно установлен щиток, закрепленный на погрузочном щитке скользящими направляющими опорами с возможностью поступательного передвижения вдоль них с помощью гидроцилиндра и установленный между погрузочным щитком и забойным конвейером под углом, меньшим  $90^\circ$ , к его борту так, что нижняя кромка профиля дополнительного щитка эквидистантна сопрягаемой поверхности забойного борта конвейера и установлена с зазором.

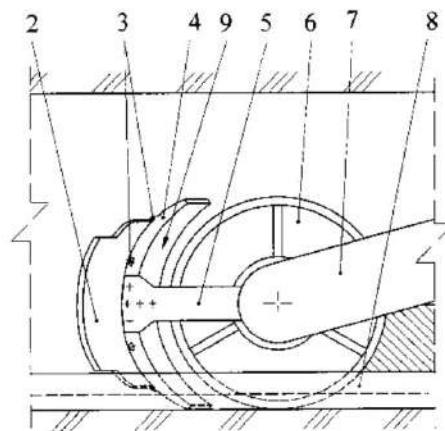
1

**ПОГРУЗОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ВЫЕМОЧНОГО КОМБАЙНА СО ШНЕКОВЫМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ**



**Фиг. 1**

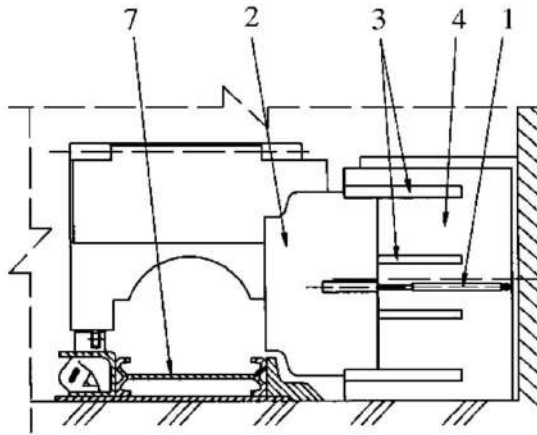
*Вид - А*



**Фиг. 2**

2

**ПОГРУЗОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ВЫЕМОЧНОГО КОМБАЙНА СО  
ШНЕКОВЫМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ**



**Фиг. 3**

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Патент на полезную модель «Погрузочный лемех»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 191484

**ПОГРУЗОЧНЫЙ ЛЕМЕХ**

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Габов Виктор Васильевич (RU), Нгуен Кхак Линь (RU), Лыков Юрий Васильевич (RU)*

Заявка № 2019113831

Приоритет полезной модели 06 мая 2019 г.

Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 07 августа 2019 г.

Срок действия исключительного права на полезную модель истекает 06 мая 2029 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

*Г.П. Ивлиев* Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11)**191 484**<sup>(13)</sup> **U1**(51) МПК  
E21D 9/12 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
E21D 9/126 (2019.05)

(21)(22) Заявка: 2019113831, 06.05.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
06.05.2019Дата регистрации:  
07.08.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 06.05.2019

(45) Опубликовано: 07.08.2019 Бюл. № 22

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет", отдел интеллектуальной  
собственности и трансфера технологий (отдел  
ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Габов Виктор Васильевич (RU),  
Нгуен Кхак Линь (RU),  
Лыков Юрий Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 179911 U1, 29.05.2018. SU 1467169  
A1, 23.03.1989. SU 196019 A1, 06.05.1967. SU  
1234615 A1, 30.05.1986. CN 103277098 A,  
04.09.2013.

## (54) ПОГРУЗОЧНЫЙ ЛЕМЕХ

(57) Реферат:

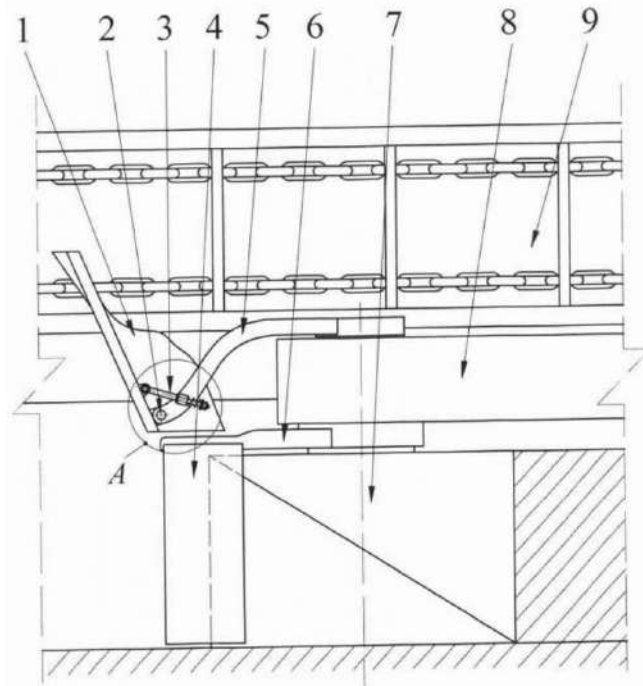
Полезная модель относится к оборудованию для механизированной выемки полезного ископаемого, в частности к очистным комбайнам со шнековыми исполнительными органами с лемехами, предназначенными для повышения эффективности погрузки угля на забойный конвейер.

Погрузочный лемех, включающий рабочую поверхность, выполненную в виде части усеченного конуса, опорный кронштейн для крепления погрузочного щитка на шнековом исполнительном органе, при этом ось симметрии рабочей поверхности погрузочного щитка, закрепленного на шнековом исполнительном

органе, параллельна оси вращения шнекового исполнительного органа, и лемех, соединенный кронштейном и втулкой с корпусом привода исполнительного органа и, установленный между щитком и забойным конвейером под углом, меньшим 90° к его борту так, что нижняя кромка профиля лемеха эквидистантна сопрягаемой поверхности забойного борта конвейера и установлена с зазором. Лемех соединен с кронштейном, шарниром и тягой с пружиной и установлен под углом к желобу конвейера, а его нижняя кромка расположена над конвейером, выполнена изогнутой.

RU 191484 U1

RU 191484 U1



фиг. 1

RU 191484 U1

RU 191484 U1

Полезная модель относится к оборудованию для механизированной выемки полезного ископаемого, в частности к очистным комбайнам со шнековыми исполнительными органами с лемехами, предназначенными для повышения эффективности погрузки угля на забойный конвейер.

5 Известен угольный узкозахватный комбайн (авторское свидетельство SU №307186, опубл. 21.06.1971 г.), включающий исполнительный орган в виде нерегулируемого нижнего шнека и регулируемого по мощности пласта верхнего шнека и погрузочное устройство, выполненное в виде двух щитов, при этом один из щитов укреплен на корпусе комбайна, а другой - на кронштейне, жестко связанном с корпусом посредством балки.

10 Недостатками известного устройства являются: неустойчивые положения щитов, закрепленных кронштейном на промежуточной части, расположенной над конвейером, и на жестко закрепленной продольной балке к комбайну; одностороннее консольное крепление погрузочного щита не исключает его подъем над почвой выработки в случае опоры на слой штыба или при изменении профиля почвы пласта; щиты не формируют поток угля при погрузке по направлению потока угля на забойном конвейере; различная эффективность зачистки почвы щитами, закрепленными на корпусе комбайна и на кронштейне с промежуточной частью и балкой.

15 Известен исполнительный орган горного комбайна (авторское свидетельство SU №1051265, опубл. 30.10.1983 г.), включающий ступицу с режуще-погрузочными элементами и погрузочный лемех, при этом режуще-погрузочные элементы выполнены в виде дисков, имеющих в продольном сечении форму эллипсов, при чем смежные диски наклонены друг к другу под одинаковым углом, а погрузочный лемех соединен со ступицей посредством втулок, установленных на ступице, и тяг, жестко закрепленных по краям лемеха.

20 Недостатками изобретения являются: низкая надежность узла соединения погрузочных дисков со ступицей исполнительного органа вследствие раздельного крепления смежных дисков; не эффективная погрузка вследствие прерывистого перемещения угля раздельными дисковыми лопастями; сложное соединение лемеха со ступицей двумя тягами и, как следствие, низкая надежность.

25 Известно погрузочное устройство очистного комбайна (авторское свидетельство SU №473824, опубл. 14.06.1975 г.), включающее лемех с отвалом и раму, при этом лемех с отвалом соединен с рамой шарнирно горизонтальной осью, расположенной за плоскостью отвала.

30 Недостатками изобретения являются: невозможность челноковой схемы работы комбайна; неустойчивость положения лемеха из-за консольного крепления, дополнительной гибкой или жесткой связи устройства с корпусом комбайном; ограничена надежность устройства из-за сложной его конструкции и большой длины тяги; возможность заклинивания рамы при движении комбайна и изгибах забойного конвейера или подъема рамы над конвейером, что исключает возможность погрузки.

35 Известен погрузочный щиток для выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом (авторское свидетельство SU №1467169, опубл. 23.03.1989 г.), включающий рабочую поверхность, выполненную в виде части усеченного конуса, опорный кронштейн для крепления погрузочного щитка на шнековом исполнительном органе, при этом ось симметрии рабочей поверхности щитка, закрепленного на шнековом исполнительном органе, смещена вертикально вниз относительно оси вращения шнекового исполнительного органа и параллельна последней.

40 Недостатками устройства являются: не осуществляется зачистка угля над бортом

конвейера, что приводит к недостаточной эффективности процессов погрузки угля на конвейер и зачистки почвы.

Известен погрузочный щиток с лемехом выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом (авторское свидетельство RU №179911, опубл. 29.05.2018 г.)  
5 принятый за прототип, включающий рабочую поверхность, выполненную в виде части усеченного конуса, опорный кронштейн для крепления погрузочного щитка на шнековом исполнительном органе, при этом ось симметрии рабочей поверхности погрузочного щитка, закрепленного на шнековом исполнительном органе, параллельна  
10 оси вращения шнекового исполнительного органа, лемех, соединенный кронштейном со втулкой с корпусом привода исполнительного органа, и установленный между щитком и забойным конвейером под углом меньшим  $90^\circ$  к его борту так, что нижняя кромка профиля лемеха эквидистантна сопрягаемой поверхности забойного борта конвейера и установлена с зазором.

Недостатками изобретения являются малый коэффициент заполнения углем конвейера  
15 в случае наклонных пластов; не возможен пропуск негабаритных кусков.

Техническим результатом является повышение эффективности выгрузки угля из зоны разрушения, погрузки его на забойный конвейер и снижение при этом количества угля, оставшегося на почве и расхода энергии шнековым исполнительным органом очистного комбайна в длинных комплексно-механизированных очистных забоях  
20 угольных шахт при подземной добыче.

Технически результат достигается тем, что лемех соединен с кронштейном, шарниром и тягой с пружиной, и установлен под углом к желобу конвейера, а его нижняя кромка расположена над конвейером, выполнена изогнутой.

Устройство исполнительного органа очистного комбайна поясняется следующими  
25 фигурами:

- фиг. 1 - расположение оборудования в забое (в плане);
- фиг. 2 - расположение оборудования в забое (профиль);
- фиг. 3 - расположение оборудования в забое (вид сзади);
- фиг. 4 - узел подвески лемеха (план);
- 30 фиг. 5 - узел подвески лемеха (профиль), где:
  - 1 - лемех;
  - 2 - шарнир лемеха;
  - 3 - тяга;
  - 4 - щиток;
  - 35 5 - кронштейн;
  - 6 - опорный кронштейн;
  - 7 - шнек;
  - 8 - корпус привода шнека;
  - 9 - конвейер;
  - 40 10 - пружина.

Погрузочный щиток с лемехом 1 (фиг. 1-5) выемочного комбайна со шнековым исполнительным органом 7, включающий рабочую поверхность, выполненную в виде части усеченного конуса, опорный кронштейн 6 для крепления погрузочного щитка 4 на шнековом исполнительном органе 7, при этом ось симметрии рабочей поверхности  
45 погрузочного щитка, закрепленного на шнековом исполнительном органе 7, параллельна оси вращения шнекового исполнительного органа 7, и лемех 1, соединенный кронштейном и втулкой с корпусом привода исполнительного органа 8 и, установленный между щитком 4 и забойным конвейером 9 под углом меньшим  $90^\circ$  к его борту так,

что нижняя кромка профиля лемеха 1 эквидистантна сопрягаемой поверхности забойного борта конвейера 9 и установлена с зазором, при этом лемех 1 установлен под углом менее  $90^\circ$  к желобу конвейера 9, соединен с кронштейном 5 шарниром лемеха 2 и тягой 3 с пружиной 10, а нижняя кромка лемеха над конвейером 9 выполнена

5 изогнутой по профилю рационального сечения потока груза.

Устройство работает следующим образом. Очистной комбайн работает как по односторонней, так и по челноковой схемам. При изменении на концевых участках лавы направления движения комбайна меняются и положения опережающего и отстающего шнековых исполнительных органов по мощности пласта. При выемке

10 угля комбайном опережающий, по направлению движения комбайна, шнековый исполнительный орган 7 осуществляет выемку верхней пачки угля в пласте с выгрузкой разрушенной массы с уступа на конвейер 9. Нижнюю пачку пласта разрушает отстающий, по ходу движения комбайна, шнековый исполнительный орган 7, который выгружает разрушенную массу на забойный конвейер 9 через зазор между шнеком и

15 конвейером.

Зазор между шнековым исполнительным органом 7 и конвейером 9 и площадь сечения погрузочного окна ограничены по размерам из-за особенностей компоновки узлов оборудования, что создает повышенное сопротивление движению потока угля при его погрузке на конвейер.

Отстающий по ходу движения комбайна шнек 7 (фиг. 1, 2, 3) разрушает нижний слой угольного пласта, выгружает разрушенную массу из зоны разрушения лопастями с опорой на погрузочный щиток 4 и на лемех 1, повторяющий профиль борта конвейера и установленный над ним с зазором, перемещает разрушенную массу на забойный конвейер 9.

Погрузочный щиток с лемехом предназначены для повышения эффективности погрузки угля на конвейер:

- снижением количества угля, остающегося на почве из-за не полной погрузки его на конвейер;

- повышением полноты выгрузки угля, находящегося в зоне между бортом конвейера

30 и шнековым исполнительным органом, на конвейер;

- повышением коэффициента заполнения углом конвейера;

Технико-экономическая эффективность технического решения заключается в увеличении объема погруженного угля на конвейер в единицу времени как при рабочем ходе комбайна в процессе добычи, так и при холостом ходе комбайна с зачисткой

35 почвы, т.е. в увеличении максимальной производительности комбайна, повышение эффективности погрузки, снижение количества угля, оставшегося на почве и удельного расхода энергии на погрузку угля.

#### (57) Формула полезной модели

Погрузочный лемех, включающий рабочую поверхность, выполненную в виде части усеченного конуса, опорный кронштейн для крепления погрузочного щитка на шнековом исполнительном органе, при этом ось симметрии рабочей поверхности погрузочного щитка, закрепленного на шнековом исполнительном органе, параллельна

40 оси вращения шнекового исполнительного органа, и лемех, соединенный кронштейном и втулкой с корпусом привода исполнительного органа и установленный между щитком

45 и забойным конвейером под углом, меньшим  $90^\circ$  к его борту так, что нижняя кромка профиля лемеха эквидистантна сопрягаемой поверхности забойного борта конвейера и установлена с зазором, отличающийся тем, что лемех соединен с кронштейном,

RU 191 484 U1

шарниром и тягой с пружиной и установлен под углом к желобу конвейера, а его нижняя кромка расположена над конвейером, выполнена изогнутой.

5

10

15

20

25

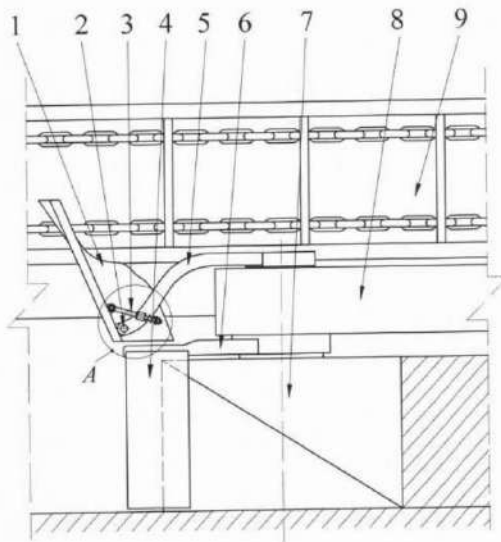
30

35

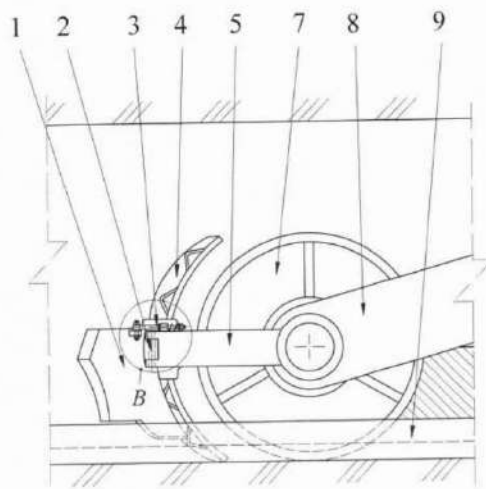
40

45

1

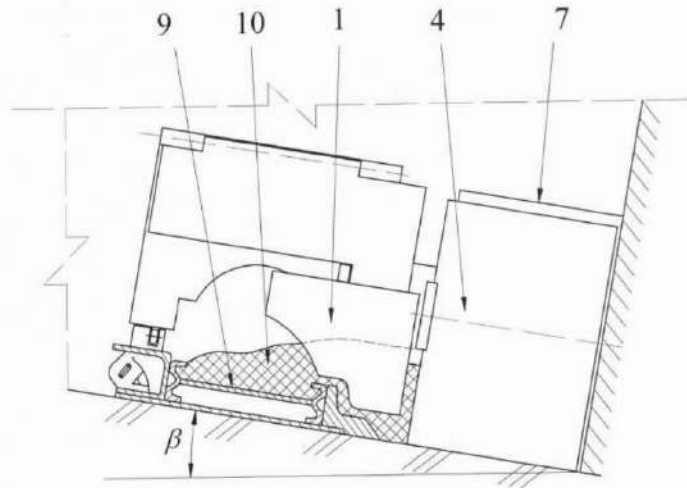


фиг. 1

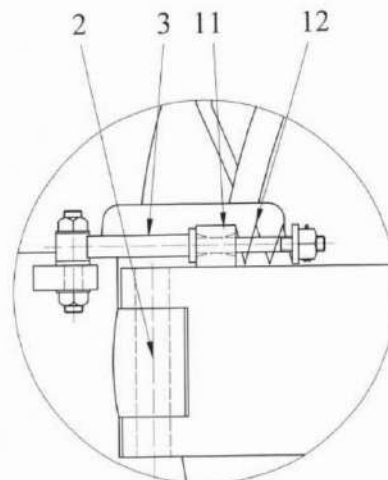


фиг. 2

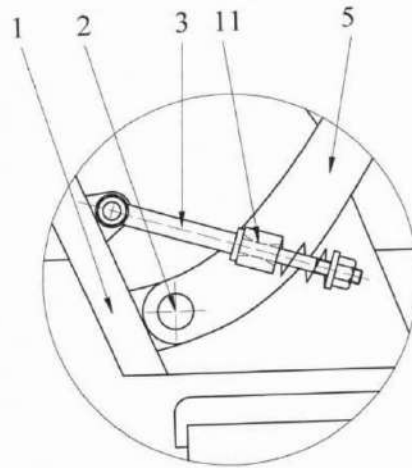
2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

**ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Патент на изобретение «Забойный скребковый конвейер»**



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 692 392**<sup>(13)</sup> **C1**(51) МПК  
E21F 13/08 (2006.01)  
B65G 19/10 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
E21F 13/08 (2019.02); B65G 19/10 (2019.02)

(21)(22) Заявка: 2018142497, 30.11.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
30.11.2018Дата регистрации:  
24.06.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.11.2018

(45) Опубликовано: 24.06.2019 Бюл. № 18

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет", отдел интеллектуальной  
собственности и трансфера технологий (отдел  
ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Габов Виктор Васильевич (RU),  
Нгуен Кхак Линь (RU),  
Задков Денис Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: SU 451863 A1, 30.11.1974. SU 300635  
A1, 07.04.1971. SU 244935 A1, 28.05.1969. RU  
2189343 C2, 20.09.2002. US 4766995 A1,  
30.08.1988.

## (54) ЗАБОЙНЫЙ СКРЕБКОВЫЙ КОНВЕЙЕР

(57) Реферат:

Изобретение относится к области горной промышленности, в частности к забойным скребковым конвейерам, с тяговой транспортирующей цепью замкнутой вертикальной плоскости. Техническим результатом является повышение устойчивости положения скребков и степени заполнения, желоба рештаков, надежности и производительности конвейера, облегчение монтажа, демонтажа тяговой скребковой цепи и возможность регулирования линейных рештаков конвейера по почве пласта. Забойный скребковый конвейер включает привод, рештаки с днищем и основанием, направляющую для цепей со скребками, при этом днище и основание

соединены между собой посредством трапецевидного в поперечном сечении элемента и наклонной стенки, а направляющая выполнена Т-образной и расположена между цепями, звенья которой прикреплены к скребкам фигурными планками. При этом направляющая, в поперечном ее сечении, выполнена сферической формы, скребок выполнен вогнутым к направлению движения цепей конвейера и разборным, включает фигурную планку, выполненную за одно целое с направляющей втулкой, в фиксирующие проточки которой установлены правый и левый лемехи, соединенные с фигурной планкой и цепями болтовым соединением. 4 ил.

RU 2 692 392 C1

RU 2 692 392 C1

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY(19) **RU** (11) **2 692 392**<sup>(13)</sup> **C1**(51) Int. Cl.  
*E21F 13/08* (2006.01)  
*B65G 19/10* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(52) CPC  
*E21F 13/08* (2019.02); *B65G 19/10* (2019.02)

(21)(22) Application: 2018142497, 30.11.2018

(24) Effective date for property rights:  
30.11.2018Registration date:  
24.06.2019Priority:  
(22) Date of filing: 30.11.2018

(45) Date of publication: 24.06.2019 Bull. № 18

Mail address:  
199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2,  
federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj  
universitet", otdel intellektualnoj sobstvennosti i  
transfera tekhnologij (otdel IS i TT)(72) Inventor(s):  
Gabov Viktor Vasilevich (RU),  
Ngen Kkhak Lin (RU),  
Zadkov Denis Aleksandrovich (RU)(73) Proprietor(s):  
federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj  
universitet" (RU)(54) **BOTTOM-HOLE SCRAPER CONVEYOR**(57) Abstract:  
FIELD: mining.  
SUBSTANCE: invention relates to mining industry, in particular to downhole scraper conveyors, with traction transporting chain of closed vertical plane. Face-to-face scraper conveyor includes drive, scanters with bottom and base, guide for chains with scrapers, at that bottom and base are connected to each other by means of trapezoidal cross-section element and inclined wall, and guide is T-shaped and is located between chains, links of which are attached to scrapers by shaped planks. At that, guide, in its cross section, is of spherical shape, scraper is concaved to direction of movement of

conveyor chains and dismountable, includes a shaped plate made as an integral part of the guide bushing, in the fixing grooves of which the right and left plowshares are connected, connected to the shaped plank and chains by the bolt joint.

EFFECT: improved stability of scrapers position and degree of filling, chutes of chutes, reliability and efficiency of conveyor, easier assembly, dismantling of traction scraper chain and possibility of adjustment of linear chutes of conveyor along soil of bed.

1 cl, 4 dwg

RU 2 6 9 2 3 9 2 C 1

RU 2 6 9 2 3 9 2 C 1

Изобретение относится к области горной промышленности, в частности к забойным скребковым конвейерам с цепью, замкнутой в горизонтальной плоскости.

Известен скребковый конвейер (авторское свидетельство SU №481706, опубл. 25.08.1975 г.), включающий рештачный став, в средней части которого установлена направляющая для тяговой цепи со скребками, при этом направляющая выполнена из отдельных элементов, которые установлены на расстоянии один от другого.

Недостатками этого устройства являются сложность конструкции узла соединения направляющей с тяговой цепью, невозможность формирования рационального сечения потока груза на конвейере, что приводит к снижению его производительности.

Известен забойный скребковый конвейер (авторское свидетельство SU №600311, опубл. 30.03.1978 г.), включающий горизонтально-замкнутый тяговый орган с контурными скребками, рештаки с направляющими, загрузочными люками, лемехообразными боковинами и стойками-обтекателями, при этом направляющие установлены на стойках-обтекателях между загрузочными люками.

Недостатками устройства являются неуравновешенность нагрузок на скребки, невозможность погрузки крупных кусков из-за ограниченных размеров погрузочного окна конвейера, большие потери энергии на трение, что обуславливает низкую надежность и производительность.

Известен передвижной скребковый конвейер (авторское свидетельство SU №300635, опубл. 07.04.1971 г.), включающий линейные секции с рештаками, тяговые цепи со скребками и домкраты передвижки, при этом рештак снабжен расположенной по оси направляющей, в пазах которой размещены выступы скребков.

Недостатками устройства являются повышенные затраты энергии на трение в пазах направляющей, неустойчивость положения скребков, что приводит к уменьшению надежности работы конвейера, невозможность формирования рационального сечения потока груза на конвейере.

Известен забойный конвейер (авторское свидетельство SU №415387, опубл. 15.11.1974 г.), включающий раму, рабочую и холостую ветви вертикального двухцепного тягового органа со скребкам - лемехами, при этом рама снабжена Т-образной в сечении направляющей, на которой установлены скребки-лемехи, причем одна цепь холостой ветви расположена между взаимодействующими с ней горизонтальными роликами, а другая - на вертикальных роликах.

Недостатками устройства являются консольная установка скребков и, как следствие, неуравновешенность нагрузок, сложность конструкции тягово-транспортирующей цепи.

Известен скребковый забойный конвейер (авторское свидетельство SU №451863, опубл. 30.11.1974 г.), принятый за прототип, включающий привод, рештаки с днищем и основанием, направляющую для цепей со скребками, при этом днище и основание соединены между собой посредством трапециевидного поперечном сечении элемента и наклонной стенки, а направляющая выполнена Т-образной и расположена между цепями, звенья которой прикреплены к скребкам фигурными планками.

Недостатками устройства являются не возможность обеспечения формирования рациональной формы сечения потока груза на конвейере, что приводит к снижению его производительности,

Техническим результатом изобретения является повышение устойчивости положения скребков и степени заполнения, желоба рештаков, надежности и производительности конвейера, облегчение монтажа, демонтажа тяговой скребковой цепи и возможность регулирования линейных рештаков конвейера по почве пласта.

Технически результат достигается тем, что направляющая, в поперечном ее сечении, выполнена сферической формы, скребок выполнен вогнутым к направлению движения цепей конвейера и разборным, включает фигурную планку, выполненную за одно целое с направляющей втулкой, в фиксирующие проточки которой установлены правый и левый лемехи, соединенные с фигурной планкой и цепями болтовым соединением

Скребковый забойный конвейер поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 - конвейер (в сечении);

фиг. 2 - конвейер (в плане);

фиг. 3 - фигурная планка (вид сверху);

фиг. 4 - фигурная планка (вид спереди), где:

1 - фронтальный лемех;

2 - наклонная стенка;

3 - левый лемех;

4 - болтовое соединение;

5 - цепь;

6 - фигурная планка;

7 - направляющая;

8 - днище;

9 - правый лемех;

10 - рештак;

11 - фиксирующая проточка.

Скребковый забойный конвейер, включающий привод (на фиг. 1, 2, 3 не представлен), рештаки 10 с днищем 8 и основанием, направляющую 7 для цепей 5 со скребками. Днище 8 и основание соединены между собой посредством трапецевидного в поперечном сечении элемента-фронтального лемеха 1 и наклонной стенки 2, а направляющая выполнена Т-образной и расположена между цепями 5, звенья которой прикреплены к скребкам фигурными планками 6. Скребок выполнен вогнутым к направлению движения цепей 5 конвейера и разборным, включает фигурную планку 6, выполненную за одно целое с направляющей втулкой 7, в фиксирующие проточки 11 которой установлены правый 9 и левый 3 лемехи, соединенные с фигурной планкой 6 и цепями 5 болтовым соединением 4.

Работает конвейер следующим образом. При включении привода конвейера движущее усилие передается приводными звездочками тяговому органу, выполненному цепями 5 со скребками. Цепи движутся с опорой фигурными планками 6 на сферическую направляющую 7, транспортируют правым 9 и левым 3 лемехами волочением горную массу по днищам 8 рештаков 10 конвейера. При этом фронтальный лемех 1 и наклонная стенка 2 увеличивают ширину рештаков 10, возможность увеличения степени заполнения желоба рештаков, а значит и производительность конвейера. Дугообразная форма скребков способствует формированию рационального сечения потока угля на конвейере смещением груза к осевой линии рештаков, обеспечивает центрирование потока угля и равновесие сил перемещения, действующих на скребки и тяговые цепи. В результате улучшается зачистка почвы, снижается объем горной массы у груди забоя и снижаются усилия подачи конвейера на забой.

Технико-экономическая эффективность технического решения заключается в повышении производительности конвейера увеличением степени заполнения рештаков за счет формирования рационального сечения потока угля на конвейере, в повышении надежности работы конвейера в результате центрирования потока угля на конвейере и равновесия сил перемещения, действующих на скребки и тяговые цепи, а также

RU 2 692 392 C1

устойчивости положения скребков, опирающихся на направляющие со сферической формой их сечения.

(57) Формула изобретения

5       Забойный скребковый конвейер, включающий привод, рештаки с днищем и  
основанием, направляющую для цепей со скребками, при этом днище и основание  
соединены между собой посредством трапециевидного в поперечном сечении элемента  
и наклонной стенки, а направляющая выполнена Т-образной и расположена между  
цепями, звенья которой прикреплены к скребкам фигурными планками, отличающийся  
10       тем, что направляющая, в поперечном ее сечении, выполнена сферической формы,  
скребок выполнен вогнутым к направлению движения цепей конвейера и разборным,  
включает фигурную планку, выполненную за одно целое с направляющей втулкой, в  
фиксирующие проточки которой установлены правый и левый лемехи, соединенные с  
15       фигурной планкой и цепями болтовым соединением.

15

20

25

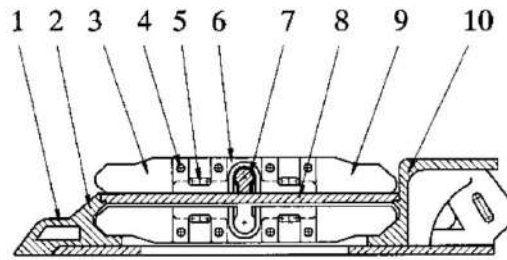
30

35

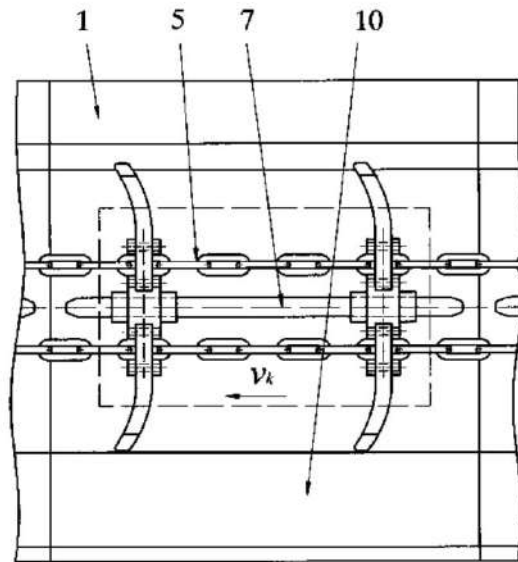
40

45

1

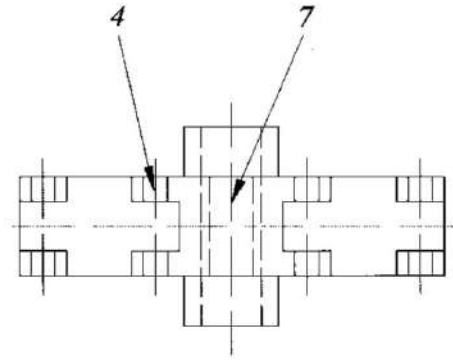


Фиг. 1

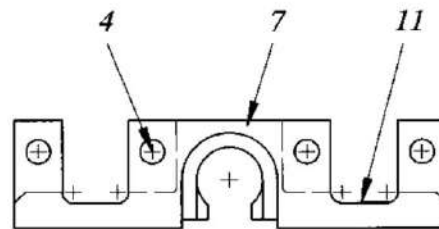


Фиг. 2

2



Фиг. 3



Фиг. 4

**ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Патент на полезную модель «Исполнительный орган  
очистного комбайна»**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

**№ 190549**

**ШНЕКОВЫЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ОРГАН**

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Габов Виктор Васильевич (RU), Нгуен Ван Суан (RU), Нгуен Кхак Линь (RU), Лыков Юрий Васильевич (RU)*

Заявка № 2019112220

Приоритет полезной модели 22 апреля 2019 г.

Дата государственной регистрации в  
Государственном реестре полезных  
моделей Российской Федерации 03 июля 2019 г.

Срок действия исключительного права  
на полезную модель истекает 22 апреля 2029 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

*Г.П. Ивлиев* Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11)**190 549**<sup>(13)</sup> **U1**(51) МПК  
*E21C 25/04* (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*E21C 25/04* (2019.05)

(21)(22) Заявка: 2019112220, 22.04.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
22.04.2019Дата регистрации:  
03.07.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.04.2019

(45) Опубликовано: 03.07.2019 Бюл. № 19

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный  
университет", отдел интеллектуальной  
собственности и трансфера технологий (отдел  
ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Габов Виктор Васильевич (RU),  
Нгуен Ван Суан (RU),  
Нгуен Кхак Линь (RU),  
Львов Юрий Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: SU 646046 A1, 05.02.1979. SU 610993  
A1, 15.06.1978. SU 1781425 A2, 19921215. RU  
140154 U1, 27.04.2014. DE 19941799 A1,  
15.06.2000.

## (54) ШНЕКОВЫЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ОРГАН

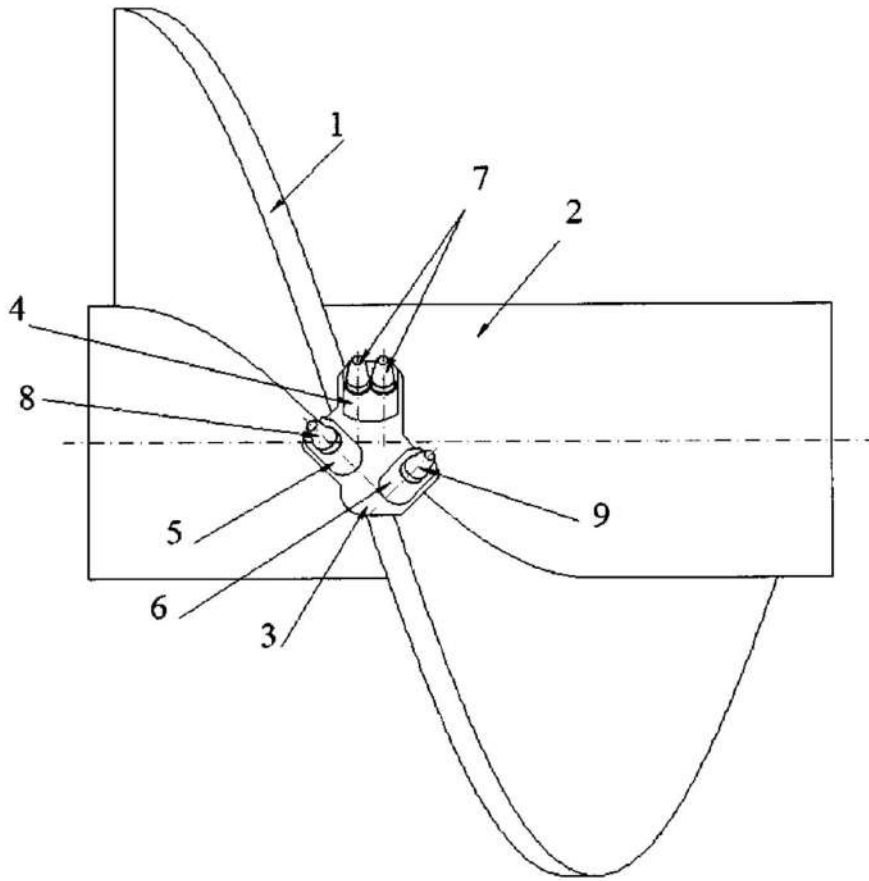
(57) Реферат:

Полезная модель относится к горной промышленности, в частности к исполнительным органам комбайнов для добычи угля и других полезных ископаемых подземным и открытым способами. Использование энергоэффективных подрезных, парного и группового срезов с общим для каждого полем напряжений в подрезцовом пространстве массива, создающих благоприятные условия для скалывания целиков тангенциальными резцами, позволяют уменьшить пылеобразование, выход мелких классов угля и удельный расход энергии, улучшить гранулометрический состав добываемого угля и уменьшить, снизить ограничение по производительности.

Технико-экономическая эффективность технического решения заключается: в увеличении выхода крупных фракций в процессе добычи угля шнековыми очистными комбайнами; в снижении удельного расхода энергии, интенсивности пылеобразования и выхода мелких классов в процессах отделения угля от массива забоя шнековыми исполнительными органами очистных комбайнов; в увеличении толщины среза и шага расстановки резцов на исполнительных органах; в увеличении площади сечения срезов использованием эффекта парности сколов и формированием групповых и комбинированных срезов.

RU 190549 U1

RU 190549 U1



Фиг. 1

RU 190549 U1

RU 190549 U1

Полезная модель относится к горной промышленности, в частности к исполнительным органам комбайнов для добычи угля и других полезных ископаемых подземным и открытым способами.

Известен исполнительный орган горного комбайна (авторское свидетельство SU СССР №1273539, опубл. 30.11.1986 г.), включающий корпус, эксцентриковый кулачок, взаимодействующий с резцами, при этом эксцентриковый кулачок подвижно установлен на поворотной рукояти и связан с корпусом посредством тяги, причем ось симметрии эксцентрика параллельна продольной оси комбайна. Недостатками указанного исполнительного органа являются сложность конструкции, и, следовательно, низкая надежность из-за последовательно установленных и взаимодействующих резца, планок с роликами, эксцентриковых кулачков, связанных с осью и с тягой, причем направляющие пазы для движущихся роликов и пластины перемещения резцов не защищены от засорения продуктами разрушения-массива, что приведет к неустойчивости процесса взаимодействия кинематических элементов устройства и неустойчивости его режима работы.

Известен исполнительный орган угольного комбайна (авторское свидетельство №414412, опубл. 05.11.1974 г.), включающий барабан, оснащенный кулачками с зубками и ковшами и встроенный в неподвижную трубу шнек для транспортировки отбитого угля, при этом шнек и труба выполнены коническими и расположены расширенными частями в сторону выгрузки. Недостатками устройства являются: увеличенная масса исполнительного органа из-за наличия ковшей и неподвижной трубы; сложность конструктивного исполнения разгрузочных ковшей; не достаточная надежность.

Известен шнековый исполнительный орган угольного комбайна (авторское свидетельство №610993, опубл. 15.06.1978 г.), включающий корпус со спиралью, резцедержатели с резцами и форсунки, при этом спирали снабжены жестко связанными с ними лопастями, выполненными с внутренними полостями, при этом форсунки расположены на нерабочей стороне лопастей и сообщены с их полостями. Недостатками устройства являются: наличие сложных в изготовлении внутренних каналов в спиральях; не надежны в эксплуатации форсунки из-за возможности засорения каналов и невозможности их очистки.

Известен исполнительный орган выемочной машины (авторское свидетельство SU №1838605, опубл. 30.08.1993 г.), включающий шнек, на винтовых лопастях которого закреплены резцедержатели с резцами, которые расположены группами в каждой линии резания последовательно друг за другом по кромке секторного участка каждой винтовой лопасти, при этом расстояния между соседними резцами внутри каждой группы не менее радиального вылета резца, а высота каждого последующего резца по направлению вращения шнека больше высоты предыдущего резца на величину оптимальной толщины среза для выбранного типа резца. Недостатками исполнительного органа выемочной машины являются: сложность конструкции резцедержателей для закрепления в каждой линии резания трех сближенных резцов; серповидные формы срезов с малыми толщинами среза приводят к высокой энергоемкости и пылеобразованию; разный радиальный вылет резцов в группе обуславливает срезы разные по сечению и длине срезов.

Известен шнековый исполнительный орган (авторское свидетельство №646046, опубл. 05.02.1979 г.), принятый за прототип, включающий ступицу и лопасти, оснащенные резцедержателями с тангенциальными резцами, при этом лопасти оснащены дополнительно резцедержателями для групп радиальных резцов, расположенных с резцедержателями для тангенциальных резцов в чередующихся плоскостях вращения,

при этом в каждой плоскости вращения установлено не менее двух резцедержателей для групп радиальных резцов и не более одного резцедержателя для тангенциальных резцов. При этом резцедержатель для группы радиальных резцов выполнен с тремя гнездами для закрепления радиальных резцов, одно из которых расположено с опережением двух других, установленных под углом к плоскости вращения.

Недостатками заявленного устройства являются: сложность конструкции из-за разнотипности резцов и резцедержателей с тремя гнездами для закрепления радиальных резцов; разнесенная относительно друг друга установка радиальных резцов в группе обеспечивает независимые срезы каждым резцом с повышенными измельчением и пылеобразованием; сближенность резцов в группе увеличивает динамику нагрузок.

Техническим результатом является создание шнекового исполнительного органа, обеспечивающего увеличение выхода крупных фракций в процессе отделения угля от массива, пониженное пылеобразование и удельный расход энергии за счет использования энергоэффективных подрезных, парного и группового срезов.

Технический результат достигается тем, что дополнительные резцедержатели выполнены с четырьмя гнездами для установки группы резцов, причем два опережающих гнезда выполнены для установки в параллельных плоскостях вращения сближенных резцов без опережения друг друга, а последующие резцы, правый и левый, установлены в гнездах нормально к соответствующим боковым поверхностям борозды опережающего парного среза и с отставанием от опережающего резца не менее чем на половину радиального вылета резца.

Устройство шнекового исполнительного органа поясняется следующими фигурами:  
 фиг. 1 - схема расстановки резцов в группе на лопасти шнекового исполнительного органа;

- фиг. 2 - схема формирования сечения опережающего парного среза;  
 фиг. 3 - схема формирования сечения подрезного левого среза;  
 фиг. 4 - схема формирования сечения подрезного правого среза, где:
- 1 - лопасть;
  - 2 - ступица;
  - 3 - резцедержатель;
  - 4 - гнездо парных резцов;
  - 5 - гнездо левого резца;
  - 6 - гнездо правого резца;
  - 7 - парные резцы;
  - 8 - левый резец;
  - 9 - правый резец;
  - 10 - парный срез;
  - 11 - подрезной левый срез;
  - 12 - подрезной правый срез;
  - 13 - угольный массив;
  - 14 - боковая левая поверхность борозды парного среза;
  - 15 - боковая правая поверхность борозды парного среза.

Шнековый исполнительный орган (фиг. 1) содержит ступицу 2, на которой жестко закреплены лопасти 1. Лопасти оснащены резцедержателями с тангенциальными резцами и дополнительно резцедержателями для групп радиальных резцов, расположенных с резцедержателями для тангенциальных резцов в чередующихся плоскостях вращения. В каждой плоскости вращения установлено не менее двух резцедержателей для групп радиальных резцов и не более одного резцедержателя для тангенциальных резцов.

Дополнительные резцедержатели 3 выполнены с четырьмя гнездами для установки группы резцов, причем опережающее гнездо парных резцов 4 выполнено для установки в параллельных плоскостях вращения сближенных, без опережения друг друга, парных резцов 7. Последующие левый резец 8 и правый резец 9 установлены в гнезде левого резца 5 и в гнезде правого резца 6 (фиг. 1) нормально к соответствующим боковой 5 левой поверхности борозды парного среза 14 (фиг. 3) и боковой правой поверхности борозды парного среза 15 (фиг. 4) опережающего парного среза 10 (фиг. 2) и с отставанием от опережающего резца не менее чем на половину радиального вылета резца.

10 Шнековый исполнительный орган работает следующим образом. В стационарном режиме работы комбайна по выемке угля под действием сил подачи и момента вращения, передаваемых ступице 2 от комбайна и к закрепленным на ней лопастям 1 с резцедержателями 3 и резцами. Резцы совершают в призабойном пространстве движение по гипоциклоидам, периодически взаимодействуют с угольным массивом 13, осуществляя 15 срезы серповидной формы. Парные резцы 7 производят нарезание борозды парного среза 10. Затем, при дальнейшем вращении шнека, левый резец 8 осуществляет подрезной левый срез 11, правый резец 9 осуществляет подрезной правый срез 12. Тангенциальные резцы скалывают ослабленные, предварительно прорезанными щелями групповых резцов, межщелевые целики.

20 Использование энергоэффективных подрезных, парного и группового срезов с общим для каждого полем напряжений в подрезцовом пространстве массива, создающих благоприятные условия для скалывания целиков тангенциальными резцами, позволяют уменьшить пылеобразование, выход мелких классов угля и удельный расход энергии, улучшить гранулометрический состав добываемого угля и уменьшить 25 ограничение по производительности.

Технико-экономическая эффективность технического решения заключается: в увеличении выхода крупных фракций в процессе добычи угля шнековыми очистными комбайнами; в снижении удельного расхода энергии, интенсивности пылеобразования и выхода мелких классов в процессах отделения угля от массива забоя шнековыми 30 исполнительными органами очистных комбайнов; в увеличении толщины среза и шага расстановки резцов на исполнительных органах; в увеличении площади сечения срезов использованием эффекта парности сколов и формированием групповых и комбинированных срезов.

35 (57) Формула полезной модели

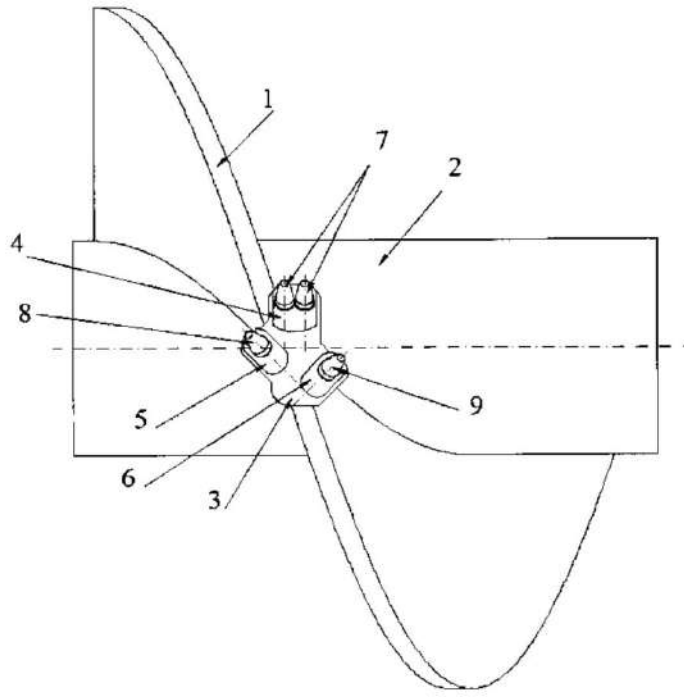
Шнековый исполнительный орган, включающий ступицу и лопасти, оснащенные резцедержателями с тангенциальными резцами, при этом лопасти оснащены дополнительно резцедержателями для групп радиальных резцов, расположенных с резцедержателями для тангенциальных резцов в чередующихся плоскостях вращения, 40 и в каждой плоскости вращения установлено не менее двух резцедержателей для групп радиальных резцов и не более одного резцедержателя для тангенциальных резцов, при этом резцедержатель для группы радиальных резцов выполнен с тремя гнездами для закрепления радиальных резцов, одно из которых расположено с опережением двух других, установленных под углом к плоскости вращения, отличающийся тем, что 45 дополнительные резцедержатели выполнены с четырьмя гнездами для установки группы резцов, причем два опережающих гнезда выполнены для установки в параллельных плоскостях вращения сближенных резцов без опережения друг друга, а последующие резцы, правый и левый, установлены в гнездах нормально к соответствующим боковым

RU 190 549 U1

поверхностям борозды опережающего парного среза и с отставанием от опережающего резца не менее чем на половину радиального вылета резца.

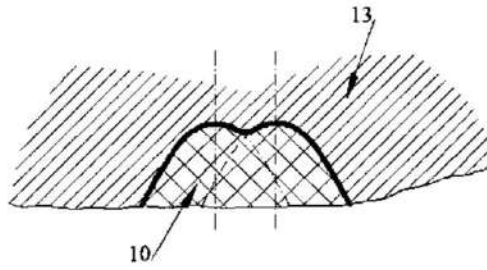
*5**10**15**20**25**30**35**40**45*

1

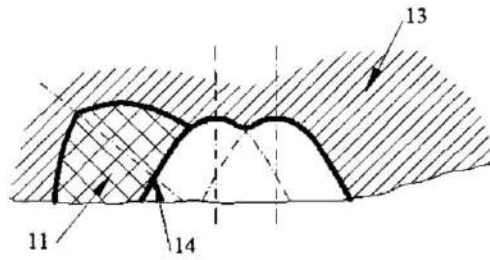


Фиг. 1

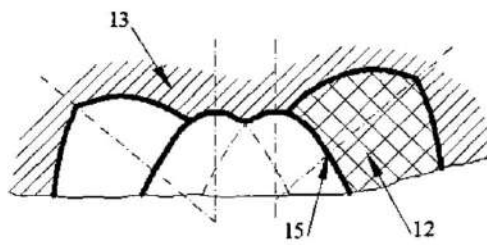
2



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4