

В. Н. КРОХИН

БРИКЕТИРОВАНИЕ УГЛЕЙ



В. Н. КРОХИН

БРИКЕТИРОВАНИЕ УГЛЕЙ

*Допущено
Министерством угольной промышленности СССР
в качестве учебника
для горных техникумов*



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»
Москва 1974

УДК 622.813/.814(075)

Гос. публичная
научно-техническая
библиотека СССР
ЭКЗЕМПЛЯР
ЧИТАЛЬНОГО ЗАЛА

44

74-24580

31517

Крохин В. Н. Брикетирование углей. М., «Недра», 1974. 216 с.

В книге рассмотрены вспомогательные и основные процессы брикетирования углей, конструкции применяемого оборудования, приведены сведения по его эксплуатации. Описаны основные процессы брикетирования: прием и подготовка угля, его сушка, контрольная подготовка и охлаждение сушенки, прессование. Рассмотрены технологические схемы брикетных фабрик, компоновка оборудования и техника безопасности. Даны технологические расчеты основных процессов брикетирования. Освещены последние достижения в технике брикетирования углей. Приведены сведения по химической технологии углей — полукоксованию, коксованию, газификации, производству бездымного топлива.

Книга предназначена в качестве учебника для учащихся горных и горнометаллургических техникумов, а также может быть полезна студентам горных вузов и инженерно-техническим работникам брикетных фабрик.

Табл. 14, ил. 83, список лит. — 19 назв.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Брикетиrowание углей является одним из способов переработки угольной мелочи в кусковое топливо, эффективно используемое как бытовое и для энергетических целей.

В Советском Союзе с каждым годом увеличивается производство угольных брикетов, однако объем выработки их не покрывает потребности в них.

Большая потребность и дефицит в сортовом топливе ставят перед угольной промышленностью нашей страны задачу дальнейшего развития углебрикетного производства.

В результате брикетирования повышаются качественные и теплотехнические показатели топлива, увеличиваются его калорийность и полнота использования при горении, повышается сохранность, уменьшаются потери топлива и затраты на его перевозку. Брикетиrowание дает возможность использовать в народном хозяйстве местные виды топлива.

Механическая добыча каменных углей в шахтах увеличила выход мелких классов. Основная масса мелочи энергетических углей используется в топках с пылевидным сжиганием. Однако имеется большая потребность в кусковом топливе для промышленных и коммунально-бытовых топок со слоевым сжиганием. Брикетиrowание каменноугольной мелочи и антрацитовых штыбов дает возможность расширить ресурсы сортового топлива.

Брикеты являются высококалорийным и удобным в обращении топливом, находят применение в быту и обеспечивают сокращение перевозок топлива.

В последнее время брикетирование углей и углеродистых материалов начинает приобретать большое значение в связи с развитием производства искусственного бытового бездымного топлива. Большинство из известных способов получения искусственного бездымного топлива основано на его предварительном брикетировании с последующей термической обработкой брикетов.

Наибольшее развитие в нашей стране получило производство брикетов из бурых углей без связующих добавок.

Необходимость получения топлива требуемого качества из низкосортных углей во все возрастающем объеме требует совершенствования технологии углебрикетного производства. Большое внимание в книге уделено освещению последних достижений в технике брикетирования углей — современным технологическим схемам брикетных фабрик, оборудованию для подготовки, сушки и прессования угля, применению нефтебитумного связующего, дозирующе-смесительным устройствам, правилам эксплуатации основного оборудования и технике безопасности при производстве брикетов.

Такие операции как прием угля, дробление и грохочение, а также транспорт рассматриваются, исходя из особенностей этих операций, применительно к брикетированию углей.

Материал книги изложен согласно программе по курсу брикетирования угля для средних специальных учебных заведений по специальности «Обогащение и брикетирование угля».

РАЗДЕЛ I

БРИКЕТИРОВАНИЕ УГЛЕЙ

Глава I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О БРИКЕТИРОВАНИИ УГЛЕЙ

§ 1. Сущность и способы брикетирования

Брикетирование углей представляет собой процесс механической переработки угольной мелочи в кусковое топливо — брикеты, имеющие определенные геометрическую форму, размеры и массу.

Брикетированию подвергаются бурые угли, торф, отсеvy каменных углей и антрацитов, коксовая и полукоксовая мелочь и другие углеродистые материалы. Процесс брикетирования применяется также для окучивания различного рода руд и рудных концентратов, комбикормов и других материалов.

Имеются два способа брикетирования углей; без связующих веществ при повышенном давлении прессования (выше 800 кгс/см²) и с добавкой связующего вещества при малых давлениях прессования (150—250 кгс/см²). По первому способу брикетируются молодые (мягкие) бурые угли и торф, по второму способу — мелочь каменных и старых (твердых) бурых углей, антрацитовый штыб, полукоксовая и коксовая мелочь.

Наибольшее распространение получило производство брикетов из молодых (землистых) бурых углей. Такие угли, как правило, залегают мощными пластами близко к поверхности и добываются дешевым открытым способом с применением высокопроизводительных многоковшовых и роторных экскаваторов. При невысокой стоимости добычи таких углей переработка их в брикеты является экономически выгодным производством.

Свежедобытые молодые бурые угли имеют высокую влажность 50—58%, не образуют прочного куска, не устойчивы при хранении и, быстро теряя влагу, распадаются в мелочь и пыль. В связи с высоким содержанием влаги такие угли имеют небольшую теплоту сгорания (200—2200 ккал/кг), перевозка их на дальние расстояния нерентабельна. В процессе брикетирования бурые угли подсушиваются до содержания влаги 18—19%, в результате чего теплота сгорания угля возрастает в 2—2,3 раза и перевозка такого топлива становится выгодной.

На процесс брикетирования большое влияние оказывает твердость угля. Молодые бурые угли влажностью 50—58% являются

мягкими углями. Более старые угли влажностью 40—45% относятся к полутвердым углям и угли влажностью 30—35% — к твердым.

Хорошо брикетируются молодые угли Днепровского бурогоугольного бассейна, Сула-Удайского месторождения в Полтавской области, бурогоугольных месторождений Башкирии, Амуру-Зейского бурогоугольного бассейна (Свободненское, Мухинское месторождения), Ланковского и Койнатхунского месторождения Магаданской области.

Полутвердым, но обладающим хорошей брикетируемостью углем является старотретичный уголь Чихезского месторождения в Приморском крае.

Брикеты из бурых углей как бытовое топливо имеют ряд преимуществ: однородную форму кусков, что делает их удобными в обращении, легкую загораемость (не требуется большое количество растопки), хорошую реакционную способность, отсутствие копоти при горении, высокий к. п. д. бытовых топок (свыше 80%) и пригодность для топочных устройств любой конструкции.

В некоторых зарубежных странах брикетирование молодых бурых углей производится с целью последующей технологической переработки брикетов путем полукоксования и коксования.

Большое применение за рубежом для технологических целей получили брикеты из бурых углей. Буроугольные брикеты подвергаются полукоксованию. Получающиеся при этом жидкие продукты перерабатываются в моторное топливо и различные химические материалы, а полукокс и газ эффективно сжигаются на электростанциях.

В ГДР на базе малозольных молодых бурых углей создано производство металлургического кокса. Уголь подсушивается до влажности 12—13%, измельчается перед брикетированием до крупности 0—1 мм и затем прессуется в брикеты, которые подвергаются коксованию.

В последнее время процесс брикетирования находит широкое применение в производстве бездымного топлива. Отсевы каменных углей и антрацитов или полукоксования и коксовая мелочь брикетируются со связующими веществами. Получаемые брикеты подвергаются затем термической обработке, в результате которой получается прочное кусковое и бездымное топливо с хорошими реакционными свойствами.

§ 2. Требования, предъявляемые к брикетам

Угольные брикеты должны иметь необходимую прочность и выдерживать различного рода механические нагрузки.

Брикеты, которые применяются как энергетическое топливо и после изготовления транспортируются или продолжительное время хранятся на топливных складах и у потребителя, кроме механической прочности, должны обладать еще определенной влаго-

1

устойчивостью и не изменять свою прочность под влиянием атмосферных условий.

Способность буроугольных брикетов противостоять воздействию влаги зависит главным образом от природы угольного вещества и выражается в свойствах брикетов впитывать влагу.

В результате поглощения влаги связь между частицами угля в брикете нарушается, а это ведет к понижению их механической прочности и к разрушению брикетов.

Наряду с бурыми углями, образующими брикеты хорошей водоустойчивости и практически непретерпевающими изменений качества в течение продолжительного воздействия влаги, часто встречаются угли, брикеты из которых быстро разрушаются при соприкосновении с водой или при поглощении влаги из атмосферы.

Как правило, брикеты, изготовленные из бурых углей с большим содержанием смолистых веществ и дающие повышенный выход битумов и первичной смолы, имеют хорошую влагоустойчивость.

На влагоустойчивость брикетов оказывают влияние также их минеральные составляющие. Так, в большинстве случаев плохая водоустойчивость присуща брикетам из углей, содержащих глину и гуматы кальция, которые набухают при соприкосновении с водой.

Кроме механической прочности и влагоустойчивости, угольные брикеты должны обладать термической устойчивостью, т. е. сохранять необходимую прочность и кусковую форму в топке при горении.

Брикеты, изготавливаемые со связующим веществом, не должны слипаться в вагоне и при длительном хранении в штабеле под открытым небом.

Глава II

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БРИКЕТИРОВАНИЯ БУРЫХ УГЛЕЙ БЕЗ СВЯЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

§ 1. Брикетируемость углей

Брикетиrowание углей основано на свойствах рыхлых сыпучих материалов уплотняться и упрочняться под действием давления. Возникающие при этом силы сцепления между сближаемыми частицами обуславливают образование прочного куска — брикета.

Сущность технологии брикетиrowания бурых углей без связующих веществ состоит в том, что уголь измельчается до определенной крупности, подсушивается до требуемой влажности и прессуется.

Способность углей окусковываться в брикеты и качество получаемых брикетов зависят от их свойств — твердости, хрупкости, упругости, пластичности, структуры, степени углефикации, зольности, содержания смолистых веществ и технологических параметров брикетирования — крупности, влажности, температуры сушки, давления прессования.

В настоящее время нет способа оценки брикетируемости угля с помощью одного какого-либо показателя и соответственно классификации углей по этому показателю. Поэтому для определения брикетируемости угля производится комплексное исследование его химических, физических, физико-химических и петрографических свойств, а затем проводятся лабораторные исследования на брикетируемость и испытание качества получаемых брикетов.

Оценка брикетируемости угля по результатам лабораторного брикетирования сводится к определению зависимости механической прочности получаемых брикетов от условий прессования, а также к определению их водоустойчивости и термической устойчивости при горении. На основании полученных зависимостей устанавливаются оптимальные условия брикетирования угля, при которых получают брикеты, удовлетворяющие требованиям по качеству.

На основании результатов, полученных в лабораторных условиях, проводятся полупромышленные или промышленные испытания углей на брикетируемость, т. е. брикетирование угля на оборудовании и в условиях близких к существующим на брикетных фабриках.

Многолетней практикой установлено, что хорошо брикетируются без добавки связующих веществ молодые бурые угли третьего возраста (марка Б1).

§ 2. Гипотезы брикетирования

Битумная гипотеза объясняет образование брикета склеивающим действием битумов, содержащих в угле.

Битумами называются вещества, извлекаемые из угля органическими растворителями и их смесями (спиртом, бензолом, дихлорэтаном, бензином и др.) и представляют собой смесь продуктов превращения смолистой части растений: смол, восков и жирных кислот.

Битумы бурых углей состоят из углеводов, спиртов, жирных кислот, эфиров и восков. Выход битумов из молодых бурых углей может быть более 20%. У старых бурых углей он уменьшается до 3%. Бурые угли, дающие выход битума более 6%, как правило, хорошо брикетируются.

При температуре 70—90°C битумы размягчаются, плавятся, превращаясь в пластическую массу, и согласно битумной гипотезе склеивают частицы угля, выполняя при этом роль связующего вещества. Содержащаяся в угле вода, согласно этой гипотезе,

уменьшает трение между частицами, облегчая их сближение и, кроме того, предохраняет битумы от чрезмерного перегрева и разложения.

При уменьшении крупности брикетируемого угля улучшаются нагрев его частиц и размягчение битумов и образуются более прочные брикеты.

Битумная гипотеза наиболее старая и ее несостоятельность была доказана экспериментально.

Гуминово-кислотная гипотеза объясняет сцепление частиц при брикетировании наличием в угле свободных гуминовых кислот, представляющих собой коллоиды и имеющие сильно выраженный полярный характер.

Гуминовые кислоты— это вещества извлекаемые из углей слабыми растворами щелочей. Наибольший выход гуминовых кислот у молодых бурых углей. Он уменьшается с увеличением степени углефикации. Чем больше выход гуминовых кислот, тем лучше брикетируется уголь.

Согласно этой гипотезе молекулы гуминовых кислот, обладая сильными диполями, способствуют проявлению молекулярных сил сцепления между частицами при их тесном соприкосновении друг с другом при прессовании.

Многочисленные опыты по брикетированию остаточного угля после извлечения гуминовых кислот показали, что брикетируемость его может и улучшаться, и ухудшаться. Опыты по получению прочных брикетов из материалов, не содержащих гуминовые кислоты, например лигнина (отхода гидролизного производства), говорят о том, что гуминовые кислоты не могут являться связующим веществом при брикетировании углей и торфа.

Капиллярная гипотеза рассматривает бурый уголь как затвердевшее коллоидное вещество (гель), пронизанное многочисленными капиллярами, заполненными водой. В угольной мелочи рассматриваются капилляры первичные— имеющиеся в частицах исходного угля— и вторичные— образующиеся между точками соприкосновения отдельных частиц. Количество и размер первичных капилляров зависят от степени углефикации. В молодом буром угле количество и размер капилляров больше и содержание влаги соответственно выше, чем у старых бурых углей.

При сушке бурого угля вода из вторичных и частично из первичных капилляров испаряется. Под влиянием капиллярных сил, обусловленных поверхностным натяжением оставшейся воды в первичных капиллярах, происходят сжатие и усадка угольных частиц.

При прессовании сушенки часть капилляров разрушается, часть сжимается. При сжатии капилляров часть воды из первичных капилляров выжимается наружу, обволакивает угольные частицы тонкой пленкой и заполняет вторичные капилляры в точках контакта частиц друг с другом. Выжатая из капилляров

вода, выполняя роль смазки, способствует более тесному соприкосновению частиц и проявлению между ними молекулярных сил взаимодействия.

После снятия давления с брикета под действием упругих сил сжатых капилляров масса угля несколько расширяется, одна часть выжатой воды втягивается обратно в капилляры, а другая остается в точках контакта частиц, образуя под влиянием сил поверхностного натяжения вогнутые мениски. Под действием возникающих капиллярных сил частицы связываются друг с другом в прочный кусок.

Коллоидная гипотеза объясняет образование брикета действием молекулярных сил сцепления, или когезионных сил Ван-дер-Ваальса. Коллоидная гипотеза рассматривает бурый уголь, как вещество состоящее из двух фаз: твердой и жидкой. Твердая фаза состоит из мельчайших коллоидных гуминовых частиц размером от 10^{-3} до 10^{-5} мм. При сближении этих частиц под действием давления прессования возникают силы молекулярной когезии (сцепления), обусловленные липолярными группами гумусовых веществ. Эти силы когезии имеют электрическую природу. Они обуславливают связь молекул в жидкости и кристаллах и объединяют коллоидные частицы в гели. Эти силы, называемые силами побочных валентностей, в отличие от сил основных валентностей, обуславливающих истинные химические соединения, меньше, но не насыщены и поэтому поверхность коллоидной частицы является активной к физико-химическим взаимодействиям. Силы побочных валентностей различных углей неодинаковы и зависят от особенностей его природы и степени углефикации.

Сближение коллоидных частиц под влиянием давления прессования обуславливает прочность брикетов. Чем меньше тело, тем больше отношение его поверхности к массе и тем больше величина сил поверхностного сцепления.

Коллоидная гипотеза отрицает влияние на процесс схватывания частиц сил поверхностного натяжения водяных пленок. Вода играет второстепенную, вспомогательную роль и служит только смазкой, облегчающей сближение частиц. При недостатке влаги затрудняется сближение частиц, что сказывается на прочности брикета. При избытке влаги увеличивается расстояние между частицами и уменьшается проявление сил взаимодействия между ними; прочность брикетов уменьшается. Содержание влаги, соответствующее наибольшему сближению частиц и проявлению сил сцепления, принимается за оптимальное. Коллоидная гипотеза в известной степени объединяет и дополняет капиллярную и гуминово-кислотную гипотезы и более полное освещает механизм образования брикета. Соединение частиц в брикет по коллоидной гипотезе обусловлено коллоидным строением угля, однако имеются материалы не коллоидного строения (металлические порошки, кристаллические соли и др.), которые хорошо прессуются.

Гипотеза молекулярного прилипания разработана В. М. Наумовичем¹. Причиной соединения частиц считается явление молекулярного прилипания при их тесном соприкосновении под влиянием давления прессования. Силы молекулярного прилипания зависят от природы частиц и размера соприкасающихся поверхностей. На действие этих сил не оказывает влияния находящаяся на поверхностях частиц адсорбционная влага. Наиболее прочное соединение частиц в брикете получается в том случае, когда в спрессованном материале отсутствует капиллярная влага. Наоборот, наличие капиллярно-конденсированной влаги ослабляет силы сцепления между частицами.

Исследованиями последнего времени установлено, что в сушенке торфа при влагосодержании до 18% имеется только адсорбционная влага, находящаяся в квазитвердом² состоянии под давлением, значительно превышающем давление прессования. Она не может быть отделена от частиц механическим путем и поэтому между частицами не могут возникнуть капиллярные силы.

§ 3. Процесс прессования

Процесс образования брикета из сыпучего материала происходит в такой последовательности. Материал, засыпанный в прессформу, имеет между частицами большое количество пустот, заполненных воздухом. Величина отдельных пустот и их общий объем зависят от крупности частиц и ситового, или гранулометрического состава материала. При наложении давления на штемпель (рис. 1) частицы материала сближаются и пустоты уменьшаются, а воздух выдавливается наружу через зазор между штемпелем и стенкой прессформ. Энергия давления при этом расходуется на преодоление сил трения частиц при их перемещении относительно друг друга и на трение о стенку прессформы, а также и на разрушение некоторой части частиц. Поэтому уплотнение материала по высоте засыпки происходит не одинаково. Вначале уплотняется слой материала у самого штемпеля, а затем давление передается на нижний слой, причем величина давления и степень уплотнения с глубиной уменьшаются. Таким образом, давление, испытываемое материалом, и его плотность по высоте засыпки будут уменьшаться. Сближение частиц в каждом слое и уплотнение

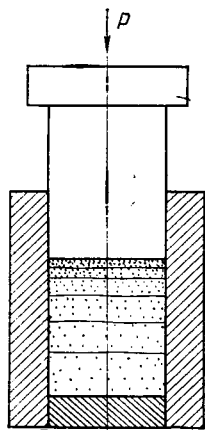


Рис. 1. Схема уплотнения материала при прессовании

¹ В. М. Наумович. Теоретические основы брикетирования торфа. Минск, Изд-во АН БССР, 1960.

² Как бы, твердом.

материала будут возрастать с увеличением усилия на штемпель, называемым давлением прессования. Разница в давлении испытываемом материалом и его уплотнении вверху и внизу засыпки будет уменьшаться с увеличением давления на штемпель и уменьшением первоначальной высоты засыпки.

По мере сближения частиц между их поверхностями возникают силы сцепления. Проявление сил сцепления будет тем сильнее, чем больше поверхность соприкосновения частиц, т. е. чем больше будут сближены частицы.

Под влиянием давления в результате возникновения сил сцепления между частицами происходит деформация прессуемого материала и образование куска — монолита.

Происходящая при сжатии деформация материала может стать необратимой или остаточной и частично обратимой или упругой. Величина возникающей необратимой и обратимой деформаций и их соотношение зависит от пластических свойств материала и характеризует его способность изменять свою форму и объем под влиянием прикладываемого давления. Упругая деформация восстанавливает систему в прежнее состояние после снятия давления и приводит к на-

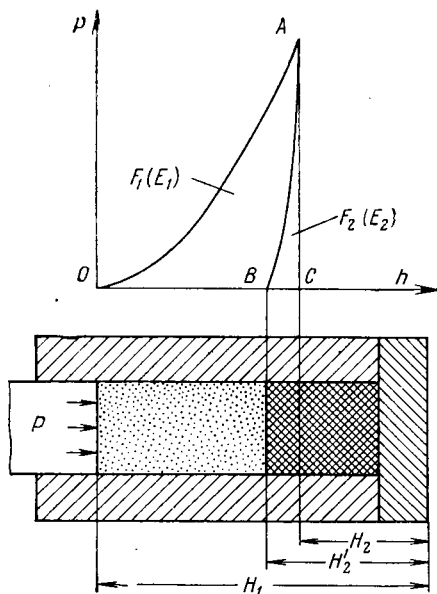


Рис. 2. Диаграмма прессования

рушению структуры полученного брикета и ослаблению связи между частицами. Упругие деформации могут ослабевать и со временем переходить в остаточные. Это происходит, например, если увеличить время пребывания получаемого брикета под давлением.

Таким образом, формирование брикета является результатом последовательно протекающих процессов уплотнения и упрочнения сыпучего материала под влиянием наложенного давления и ослабления структуры брикета после снятия давления.

При перемещении штампея в прессформе по мере сжатия и уплотнения материала давление на штемпель со стороны материала возрастает (рис. 2). По оси ординат отложено давление на штемпель, или давление прессования, по оси абсцисс — ход штампея. Изменение давления на штемпель будет происходить по кривой OA, которая характеризует свойство материала уплотняться при сжатии. Работа, затраченная на процесс сжатия, будет эквивалентна площади F_1 фигуры OAC.

При снятии давления со штемпеля под влиянием расширяющегося материала он будет перемещаться в обратную сторону. Изменение давления на штемпель от упругого расширения сжатого материала будет происходить по кривой AB . Площадь фигуры BAC эквивалентна работе, совершаемой сжатым материалом при его упругом расширении. Величина кривой AB и площадь F_2 фигуры BAC характеризуют упругие свойства материала, т. е. способность его к расширению после сжатия.

Отношение первоначальной высоты материала H_1 в прессформе к высоте его под давлением H_2 называется коэффициентом уплотнения

$$K_1 = \frac{H_1}{H_2}.$$

Отношение высоты брикета H'_2 после упругого расширения к высоте его под давлением H_2 называется коэффициентом упругого расширения

$$K_2 = \frac{H'_2}{H_2}.$$

Исходя из условий постоянной массы (веса) материала,

$$K_1 = \frac{H_1}{H_2} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1};$$

$$K_2 = \frac{H'_2}{H_2} = \frac{\gamma_2}{\gamma'_2},$$

где γ_1 , γ_2 и γ'_2 — объемная масса соответственно сушенки до прессования, в сжатом состоянии и брикета после снятия давления.

По величине K_1 и K_2 можно судить о брикетированности угля. Молодые бурые угли типа украинских и башкирских, обладающие хорошей брикетированностью, при давлении прессования 1000 кгс/см² и крупности сушенки 0—6 мм имеют $K_1 = 2 \div 2,3$ и $K_2 = 1,07 \div 1,1$. С ухудшением брикетированности угля коэффициент K_1 уменьшается, а коэффициент K_2 увеличивается.

Значения K_1 и K_2 дают возможность правильно определить необходимый ход штемпеля и расширение выходной прессформы у штемпельного пресса.

Каждый уголь характеризуется своей диаграммой прессования. Кроме характера изменения объема материала при брикетировании, диаграмма прессования говорит о количественном соотношении между полезной энергией E_1 , затрачиваемой на пластические деформации, в результате которых материал уплотняется и упрочняется, и энергией упругих деформаций E_2 сжатого материала при снятии давления, ослабляющих структуру брикета. Поэтому более полно о брикетированности угля можно судить по показателю пластичности

$$K = \frac{F_1}{F_2} = \frac{E_1}{E_2}.$$

Для высокопластичных молодых мягких бурых углей хорошей брикетируемости показатель пластичности составляет 14—19 и затем снижается с увеличением твердости угля.

§ 4. Технологические параметры брикетирования

Основными технологическими параметрами брикетирования угля являются влажность, крупность прессуемого угля (сушенки), давление прессования, температура сушенки и продолжительность прессования. Эти параметры находятся между собой в определенной зависимости. Для получения заданной прочности брикетов при изменении одного из параметров необходимо производить изменение другого (или нескольких других) параметра.

Зависимость механической прочности брикетов от каждого отдельного параметра брикетирования угля носит, как правило, экстремальный характер. Значение параметра, при котором получается максимальная прочность брикетов, принимается за оптимальное. Для углей хорошей брикетируемости эта экстремальная зависимость механической прочности от отдельных параметров брикетирования имеет более резко выраженный характер, особенно для показателей прочности брикетов на изгиб и сжатие. Абсолютный показатель прочности на изгиб при оптимальных условиях брикетирования молодых бурых углей достигает при этом более 20 кгс/см², на сжатие — более 150 кгс/см². Отношение показателей прочности брикетов на сжатие к прочности на изгиб обычно находится в пределах 10. С ухудшением брикетируемости угля экстремальная зависимость изменения прочности брикетов становится менее выраженной, а отношение показателя прочности на сжатие к прочности на изгиб возрастает.

Влажность и давление прессования. Содержащаяся в сушенке влага участвует в механизме образования брикета. Давление прессования создает условия для возникновения сил молекулярного взаимодействия при сближении поверхностных угольных частиц. Изменение содержания влаги в сушенке влияет на силы сцепления между частицами угля. При оптимальном содержании влаги более полно проявляются молекулярные силы сцепления угольных частиц. При недостатке влаги уменьшается поверхность частиц, покрытых водяными пленками, обуславливающими максимальную величину сил сцепления, в результате чего снижается прочность брикета. В этом случае необходим более тесный контакт частиц, который можно достигнуть увеличением давления прессования. Однако увеличение давления прессования может происходить только до определенного предела. Чрезмерное увеличение давления может привести к утолщению водных пленок вследствие излишнего выжима влаги из внутренних капилляров, что отрицательно скажется на силах взаимодействия частиц и приведет к так называемой перепрессовке материала. Избыток влаги в сушенке также отрицательно влияет на проч-

ность брикетов, так как обуславливает увеличение толщины водных пленок и уменьшает силы сцепления частиц. Таким образом, данному давлению прессования соответствует определенная оптимальная влажность сушенки, при которой прочность брикетов получается наибольшей (рис. 3).

Оптимальная влажность сушенки, соответствующая наибольшей прочности брикетов, не является постоянной и зависит от давления прессования, крупности сушенки и природы угля. При увеличении давления прессования и уменьшения крупности сушенки, а также при повышении твердости и ухудшении брикетируемости угля оптимальная влажность сдвигается в сторону меньших значений.

Зависимость прочности брикетов от влажности сушенки показана на рис. 4. Из приведенных на графиках зависимостей следует, что величина давления прессования тесно связана с влажностью сушенки и они находятся между собой в однозначной зависимости, т. е. каждому определенному давлению прессования соответствует своя оптимальная влажность сушенки и, наоборот, каждому определенному значению влажности сушенки соответствует свое определенное оптимальное давление прессования.

Оптимальное значение влажности можно установить брикетированием сушенки с различной влажностью при постоянном давлении, а оптимальное давление прессования — брикетированием сушенки с заданной влажностью — при различном давлении.

Зависимость между оптимальной влажностью и давлением прессования для сушенки разной крупности показана на рис. 5. Крупность сушенки влияет на оптимальную влажность главным образом при высоких давлениях прессования. При малых давлениях разница в оптимальной влажности для сушенки различной крупности незначительна.

Для молодых бурых углей украинских и башкирских при крупности сушенки 0—4 (6) мм оптимальная влажность брикетов составляет 16—17%.

В практических условиях влажность брикетов, вырабатываемых для энергетических целей, т. е. брикетов, подлежащих продолжительному хранению, принимается исходя из гигроскопических свойств угля. Для землстых бурых углей гигроскопическая точка, или влажность воздушно-сухого угля при нормальных ус-

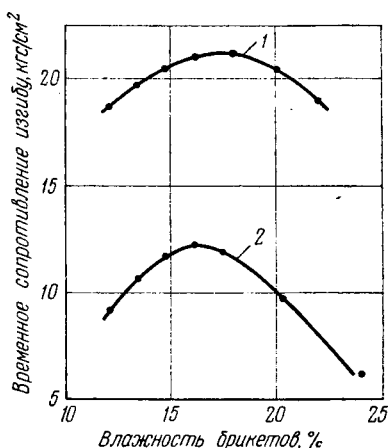


Рис. 3. Зависимость прочности брикетов от содержания влаги: 1 — молодой бурый уголь Сула-Удайского месторождения в Полтавской области; 2 — полутвердый уголь Чихезского месторождения в Приморском крае

ловиях составляет 18—19%, т. е. немного превышает оптимальную влажность, соответствующую максимальной прочности брикетов. Брикеты из таких углей влажностью ниже их гигроскопической точки при хранении в сырую погоду могут поглощать влагу из

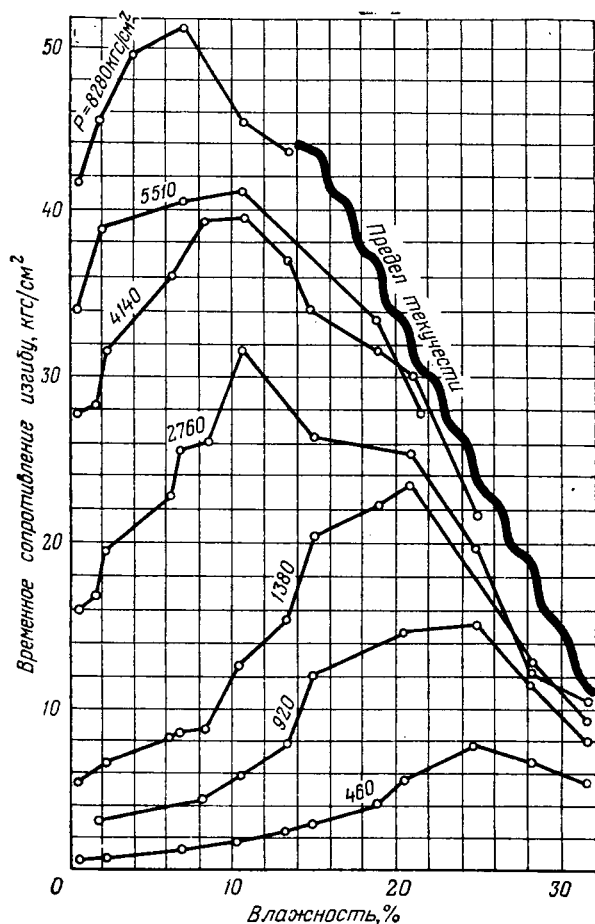


Рис. 4. Зависимость прочности брикетов от влажности сушки при различных давлениях прессования (по К. Кегелю)

атмосферы и прочность их будет снижаться. Наоборот, значительное увеличение влажности брикетов по сравнению с оптимальной обуславливает их пониженную прочность после изготовления. Поэтому в производственных условиях влажность брикетов из таких углей поддерживается на уровне гигроскопической точки, т. е. равной 18—19%.

Крупность и ситовый состав. При уменьшении крупности брикетируемого материала увеличивается суммарная поверхность частиц и, следовательно, возрастает общая сила сцепления. Кроме того, уменьшение крупности угля способствует более плотной укладке частиц перед прессованием и образованию монолитного брикета, уменьшаются время и количество энергии, затрачиваемые на хрупкие и упругие деформации материала при прессовании, и увеличивается доля энергии и времени на полезные пластические деформации. Следовательно, чем тоньше измельчен уголь, тем в большей степени проявляются силы сцепления частиц и тем прочнее становятся брикеты.

Кроме крупности частиц на процесс образования брикетов влияет гранулометрический, или ситовый состав брикетируемого материала, который характеризует соотношение в материале частиц различного размера и влияет на плотность укладки частиц. При наличии в сушенке повышенного содержания крупных частиц увеличиваются количество и размеры пустот в массе сушенки и часть энергии прессования затрачивается на разрушение некоторой доли крупных угольных зерен и заполнение пустот. Количество энергии, расходуемой на пластические деформации, будет уменьшаться, а прочность получаемых брикетов — снижаться.

Крупность сушенки и ее ситовый состав оцениваются часто по величине среднего диаметра частиц

$$d_{\text{ср}} = \frac{\sum (fd_m)}{100}, \text{ мм},$$

где f — выход каждого класса, %; d_m — среднее арифметическое значение крупности зерен в каждом классе, мм.

При уменьшении крупности угля для получения прочных брикетов требуется уменьшить влажность сушенки и увеличить давление прессования.

Крупные и мелкие частицы угля теряют влагу неодинаково. При сушке крупные частицы не досушиваются и содержание влаги в них выше среднего значения для сушенки, а мелкие частицы пересушиваются и для их прессования требуется давление значительно большее принятого.

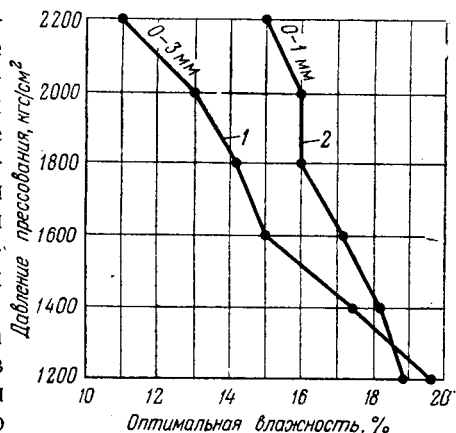


Рис. 5. Зависимость между оптимальной влажностью сушенки и давлением прессования:

1 — крупность сушенки 0-3 мм; 2 — то же, 0-1 мм

Неравномерность в распределении влаги по классам сушенки оценивается по разнице в содержании влаги в сушенке крупностью — 0,5 и +4 (6) мм. Условия сушки угля также влияют на неравномерность влагосодержания, которая может достигать до 18—20%. Неравномерное распределение влаги в сушенке снижает прочность брикетов, ухудшает их устойчивость при хранении и термическую стойкость при горении. С уменьшением размера частиц снижается неравномерность влагосодержания в них.

Таким образом, уменьшение крупности угля положительно сказывается на процессе брикетирования и качестве брикетов. Однако получение сушенки более тонкого помола удорожает и усложняет процесс ее подготовки и повышается опасность производства.

Крупность угля при брикетировании принимается в зависимости от целевого назначения брикетов. Излишнее переизмельчение угля при производстве энергетических брикетов нежелательно, так как увеличивается содержание в сушенке пересушенной пыли, ухудшающей брикетируемость угля. Кроме того, вследствие уменьшения пористости брикетов, изготовленных из переизмельченного угля, снижаются их теплотехнические свойства. Такие брикеты трудно загораются и плохо (вяло) горят. Поэтому при производстве энергетических брикетов верхний предел дробления угля ограничен крупностью 4—6 мм, причем средний размер частиц сушенки не должен превышать 1,5 мм, а содержание в сушенке тонкой пыли (—0,25 мм) должно быть не более 15%. При этих условиях оптимальный ситовый состав сушенки перед прессованием следующий: +4 мм 10%, 1—4 мм 40% и 0—1 мм 50%.

При изготовлении брикетов для последующей термической переработки крупность угля уменьшается до 2 или 1 мм, а влажность сушенки снижается до 11—14%. Давление прессования при этом увеличивается с 800 (1000) до 1200 (1300) кгс/см².

С увеличением степени углефикации угля и его твердости необходимо уменьшать крупность и влажность брикетируемого угля и увеличивать давление прессования и температуру сушенки по сравнению с этими же параметрами при брикетировании молодых углей.

Температура угля при прессовании. С увеличением температуры угля уменьшаются трение между частицами и величина их упругих деформаций и увеличивается его пластичность, в результате чего повышается прочность брикетов. С повышением температуры угля уменьшается вязкость воды и облегчается выход ее из капилляров на поверхность угольных частиц.

В результате увеличения пластичности и уменьшения упругих свойств возрастает показатель пластичности угля, и заданную прочность брикетов можно получить при меньшем давлении прессования.

В практике температуру угля можно увеличивать до определенного предела. Оптимальная температура сушенки зависит от

свойств брикетируемого угля, крупности сушенки и целевого назначения брикетов. При брикетировании для энергетических целей мягких бурых углей крупностью 0—6 мм и влажностью 18—19% повышение температуры сушенки более чем на 50°С может повлечь ухудшение прочности брикетов вследствие возрастания выделения из них водяных паров.

Положительное значение температуры угля особенно сказывается при брикетировании твердых бурых углей, когда нагрев их до 60—70°С и уменьшение крупности являются основными условиями получения брикетов требуемого качества.

Продолжительность прессования влияет на соотношение пластических и упругих деформаций. Характер деформаций в сжимаемом материале зависит от продолжительности воздействия прикладываемого давления. При очень быстром и мгновенном приложении давления имеют место деформации материала, которые являются в основном упругими. С уменьшением скорости нарастания давления и увеличением времени его воздействия доля пластических деформаций возрастает, а доля упругих уменьшается.

На сближение частиц и уплотнение материала влияет степень удаления воздуха из пустот между частицами. Быстрое наложение давления способствует запрессовке воздуха, и, наоборот, с уменьшением скорости нарастания давления возрастает полнота удаления воздуха из сжимаемого материала. Уменьшение объема запрессованного воздуха улучшает прочность брикетов.

В практике уменьшение времени прессования сушенки в штемпельных прессах снижает прочность брикетов в значительной степени также за счет уменьшения давления прессования вследствие уменьшения динамического коэффициента трения брикетов о стенки прессформ.

Уменьшение скорости прессования способствует повышению прочности брикетов, но приводит к снижению производительности оборудования. Поэтому выбор оптимальной скорости прессования (частоты вращения пресса) принимается в каждом случае исходя из технико-экономических соображений.

Глава III

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА УГОЛЬНЫХ БРИКЕТОВ

§ 1. Технологическая схема брикетирования бурых углей

Технологическая схема производства брикетов складывается из ряда последовательно протекающих основных операций: прием угля на фабрике, подготовка его к сушке, сушка, контрольная подготовка и охлаждение сушенки, прессование сушенки, охлаждение и погрузка брикетов.

Производство брикетов из бурого угля для энергетических целей осуществляется по схемам, изображенным на рис. 6 и 7.

Бурый уголь из разреза с содержанием влаги 50—58% доставляется на брикетную фабрику в думпкарах или в железнодорожных вагонах и разгружается в приемный бункер 1 (рис. 7). Из приемного бункера через нижнюю разгрузочную щель уголь лопастным питателем 2 подается на сборный конвейер, а затем в

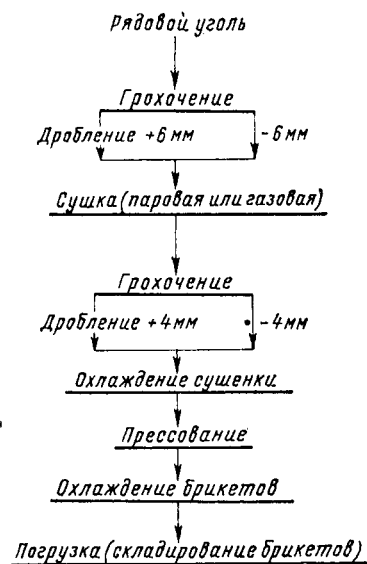


Рис. 6. Технологическая схема производства энергетических брикетов из бурых углей

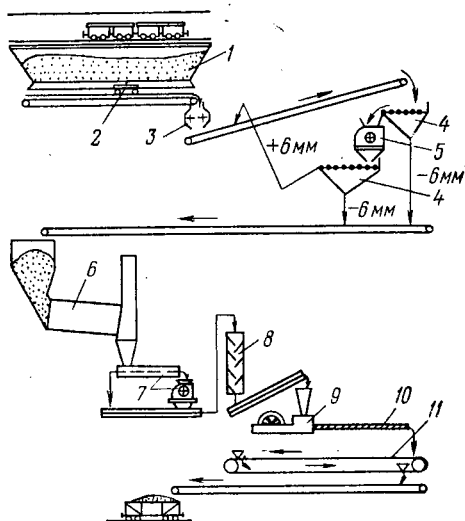


Рис. 7. Схема цепи аппаратов производства энергетических брикетов из бурых углей

крыльчатую дробилку 3. для предварительного крупного дробления. Пройдя дробилку, уголь поступает в дробильно-сортировочный цех фабрики, где подвергается грохочению на грохотах 4 и дроблению до крупности — 6 мм в дозилке 5, а затем направляется на сушку. Твердые бурые угли перед сушкой измельчаются до —3 (4) мм.

Для дробления применяются валковые зубчатые и молотковые дробилки, для отсева мелочи — валковые грохоты, а при углях с малым содержанием поверхностной влаги, несклонных к налипанию на механизмы, — вибрационные грохоты.

Сушка угля на фабриках осуществляется в паровых трубчатых сушильниках или в газовых трубах-сушилках 6.

Уголь из сушилок (сушенка) выходит с температурой 80—90°С, подвергается контрольной подготовке 7 и поступает в охладитель 8. Контрольная подготовка сушенки заключается в отсеве от нее крупных частиц угля и доизмельчении их до принятой

крупности. Контрольное грохочение сушенки осуществляется на вибрационных грохотах или просеивающих конвейерах. Для охлаждения сушенки применяются жалюзийные, барабанные или конвейерного типа охладители. После охлаждения сушенка поступает на прессование в штемпельные прессы 9.

При брикетировании мягких бурых углей принимаются крупность сушенки 0—4 мм, влажность 18—19%, температура около 40°С и частота вращения штемпельных прессов 80—100 об/мин. При брикетировании твердых бурых углей крупность сушенки уменьшается до 3 мм, влажность — до 9 (12)% и прессование производится без охлаждения сушенки при температуре 70—80°С при частоте вращения пресса 65—75 об/мин.

Выходящие из прессов брикеты из мягких углей с температурой 60—65°С, а из твердых углей — с температурой 75—85°С подвергаются охлаждению сначала в охладительных лотках 10, а затем на охладительном конвейере 11 до температуры 35(45)°С, после чего их грузят в железнодорожные вагоны.

Технологическая схема и схема цепи аппаратов при производстве брикетов для технологических целей на современных брикетных фабриках незначительно отличаются от схемы производства энергетических брикетов. Отличие заключается в основном в подготовке сушенки перед прессованием и отсутствии охлаждения брикетов. При производстве брикетов для последующего полукоксования уголь подсушивается до влажности 14(15)%, сушенка после контрольной подготовки прессуется в штемпельных прессах в неохлажденном состоянии, а брикеты без охлаждения подаются ленточным конвейером непосредственно в полукоксовые печи.

При производстве брикетов для получения металлургического кокса (рис. 8) уголь подсушивается до влажности 12%, сушенка разделяется на три класса: крупностью 0—1 мм влажностью менее 12%, 1—3 мм влажностью 12—13% и +3 мм влажностью 17—18%. Класс 0—1 мм направляется на прессование в штемпельные прессы, класс 1—3 мм измельчается в молотковой дробилке до крупности 1 мм и добавляется к сушенке, поступающей на прессование. Класс +3 мм направляется на досушку, а затем добавляется к прессуемой сушенке. Досушка класса +3 мм осуществляется в паровой трубчатой сушилке при пониженном давлении пара (1,2—1,5 кгс/см² избыточных) и увеличенной скорости

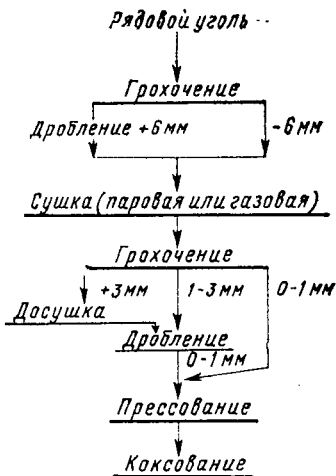


Рис. 8. Технологическая схема процесса производства бурого кокса для получения металлургического кокса

движения угля в сушилке за счет удаления спиралей в трубках и повышения частоты вращения барабана сушилки.

Полутвердые бурые угли, характеризующиеся исходной влажностью 40—45%, брикетируются по схеме мягких (землистых) бурых углей в штемпельных прессах. Уголь дробится до крупности — 3 мм и сушится в паровых или газовых сушилках. Если образуются брикеты, имеющие пониженную влагоустойчивость, рекомендуется газовая сушка угля, при которой уголь подвергается поверхностной термической обработке, в результате чего влагоустойчивость брикетов улучшается. Прессование производится без охлаждения сушенки при температуре 65—70° С.

За рубежом имеются установки для брикетирования твердых бурых углей, имеющих исходную влажность 30—35%. Брикетиrowание осуществляется в кольцевых прессах при давлении 1800—2000 кгс/см², влажности сушенки 7—8%, крупности 0—2 мм и температуре 70—75° С. Сушка угля производится в газовых сушилках.

§ 2. Брикетиrowание каменноугольной мелочи со связующими веществами

Технологическая схема брикетирования каменноугольной мелочи со связующими веществами значительно отличается от технологической схемы брикетирования бурых углей и зависит от характера применяемой связующей добавки.

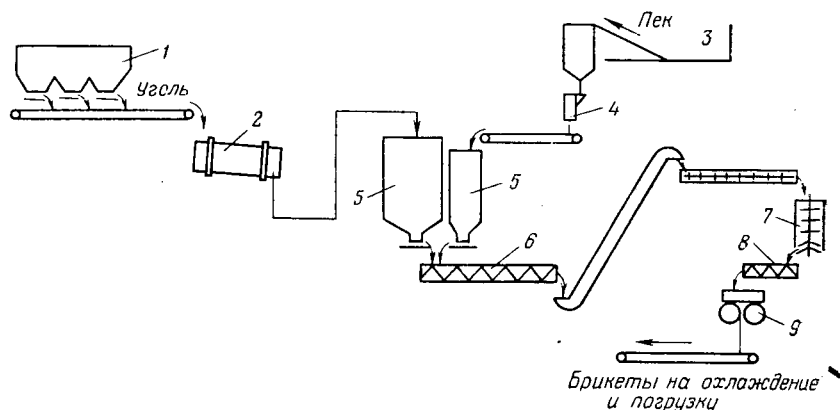


Рис. 9. Схема цепи аппаратов брикетирования с каменноугольным пеком

На брикетные фабрики поступают отсеvy антрацитов или тощих углей класса 0—6 мм. Брикетиrowание осуществляется с присадкой каменноугольного пека или нефтебитума.

Брикетиrowание с каменноугольным пеком. Поступающие на фабрику отсеvy углей разгружаются в приемные ямы 1 (рис. 9), затем подсушиваются до влажности 3% в газо-

вых барабанных сушилках 2. Гранулированный каменноугольный пек из склада 3 поступает в дробильное отделение 4 и измельчается до 1 мм.

Подсушенный уголь и измельченный пек поступают в бункера 5 дозирования. С помощью тарельчатых питателей уголь и пек дозируются в требуемом соотношении и смешиваются в винтовом конвейере 6. Из смесительного конвейера шихта поступает в малаксеры 7 прессовых агрегатов, в которых пропарив-

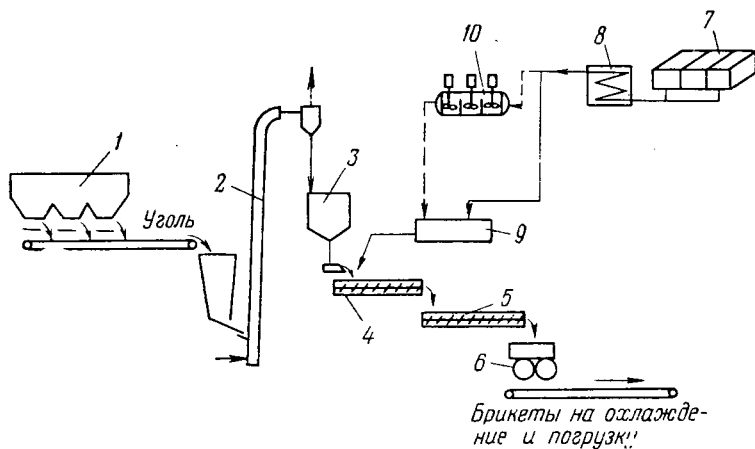


Рис. 10. Схема цепи аппаратов брикетирования с нефтебитумом

вается и нагревается до 90—100° С. После охлаждения в шнеке 8 до 80° С шихта поступает на валки 9 пресса и брикетизируется. Брикет после охлаждения до 40° С грузится в железнодорожные вагоны.

Брикетирование с нефтебитумом. Поступающая на фабрику угольная мелочь из приемных ям 1 (рис. 10) подается в сушильное отделение фабрики, где подсушивается до влажности 3% в трубах-сушилках 2. Сушенка подается в бункера прессовых агрегатов 3, откуда вибродозаторами направляется в двухвальные лопастные смесители 4, в которые подается жидкий нагретый нефтебитум и пар. Брикетная шихта нагревается до температуры 80—90° С и после охлаждения в двухвальном охладителе 5 до температуры 60—65° С брикетизируется на вальцовом прессе 6. Брикет после охлаждения на ленточных конвейерах до 40—45° С грузится в вагоны.

Применяемый в качестве связующего нефтебитум поступает на брикетную фабрику в битумных бункерах-вагонах и разгружается в битумохранилище 7 откуда в разогретом состоянии подается в трубчатую печь 8, где нагревается до температуры 180(200)° С и направляется на смешение с углем.

Битум может изготавливаться на самой брикетной фабрике. В этом случае поступающие на фабрику в цистернах жидкие гудроны или крекинг-остатки разгружаются в хранилище, из которого насосами подаются в трубчатую печь и затем, нагретые до температуры $220(220)^{\circ}\text{C}$, поступают в окислительный реактор 10 непрерывного действия. В реакторе нагретое сырье окисляется пропускаемым через него воздухом в нефтебитум, который через промежуточную емкость 9 направляется на смешение с углем.

Глава IV

ПРИЕМ И МЕХАНИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА УГЛЕЙ ДЛЯ БРИКЕТИРОВАНИЯ

§ 1. Углеприем

На брикетных фабриках для приема угля и обеспечения бесперебойной работы фабрики сооружаются приемные устройства.

На буроугольных брикетных фабриках применяются щелевидные бункера с нижней разгрузкой угля с помощью лопастного питателя через щель, проходящую вдоль бункера. На каменноугольных фабриках применяются приемные ямы с нижней разгрузкой угля с помощью качающихся питателей.

Щелевидные бункера бывают наземные, подземные или любого промежуточного типа, с одним или двумя железнодорожными путями и с разгрузкой внизу на один, два или четыре конвейера.

При строительстве наземного бункера железнодорожный подъездный путь сооружается на железобетонной эстакаде или насыпи. При наземном типе бункера уменьшаются затраты на строительство, несмотря на сооружение подъездных эстакад или насыпей. Отпадает необходимость в мероприятиях по борьбе с грунтовыми водами, создаются нормальные условия труда в подбункерном помещении (естественное освещение, нормальная температура, отсутствие сырости), бункер располагается ближе к дробильно-сортировочному цеху и фабрика сооружается более компактно. Отопление подбункерного и надбункерного помещений, а иногда прокладка отопительных труб в стенах бункера в местах возможного переохлаждения угля предохраняет его от смерзания в зимних условиях.

Сооружение подземного бункера позволяет располагать фабрику ближе к разрезу, поэтому при выборе типа бункера учитываются условия местности.

На рис. 11 схематично показаны типы щелевидных бункеров, получившие наибольшее распространение на брикетных фабриках: *а* — одинарный бункер с разгрузкой на один конвейер для фабрик малой производительности; *б* — одинарный бункер с двусторонней разгрузкой на два конвейера для фабрик средней про-

производительности; *в* и *г* — двойные, или двухпутные бункера с двусторонней внутренней разгрузкой и двусторонней внутренней и внешней разгрузкой для фабрик большой производительности.

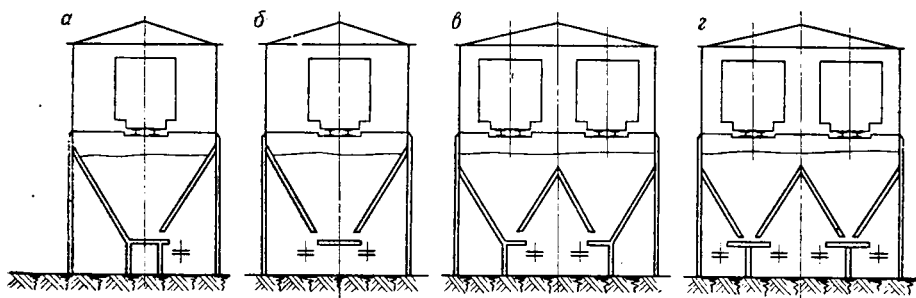


Рис. 11. Щелевидные бункера для приема угля

Одианные бункера с двусторонней разгрузкой и двойные бункера с внутренней и внешней разгрузкой наиболее благоприятны, так как в них меньше зависает уголь.

Приемный бункер, показанный на рис. 12, представляет собой железобетонное сооружение. Здание верхней части бункера, обычно кирпичное, образует крытое надбункерное помещение с закрывающимися воротами по торцам и служит для защиты угля от атмосферных осадков и смерзания в зимнее время.

Наружные стены нижней части наземных бункеров выполняются часто также кирпичными с окнами по бокам и торцам.

Емкость бункера принимается исходя из производительности фабрики, надежности снабжения ее углем, количества угля, отправляемого на сторону и потребляемого котельной. Обычно емкость бункера принимается из расчета обеспечения фабрики углем в течение 8—16 ч работы.

Максимальная длина бункера принимается 150 м. Удельная емкость бункера на 1 м его длины у одноколейных бункеров составляет 30—35 т, у двухколейных 60—70 т.

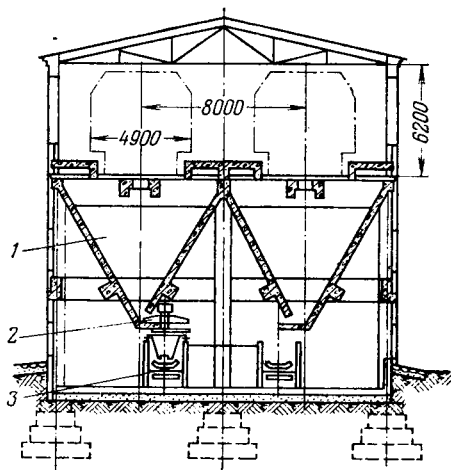


Рис. 12. Устройство щелевидного бункера:

1 — двухпутевой бункер; 2 — лопастный питатель; 3 — сборный конвейер

Верх бункера на уровне основания железнодорожных шпал покрывается металлической решеткой для предотвращения несчастных случаев с рабочими, обслуживающими бункер, и задержания крупных кусков угля, могущих заклинить разгрузочную щель. Размер ячеек решетки принимается в зависимости от количества и размера крупных кусков в поступающем угле и оборудования, применяемого для предварительного крупного дробления. При небольшом содержании в угле крупных кусков устанавливаются решетки с отверстиями 200×200 мм. Часто для предварительного крупного дробления угля на перепаде его со сборных

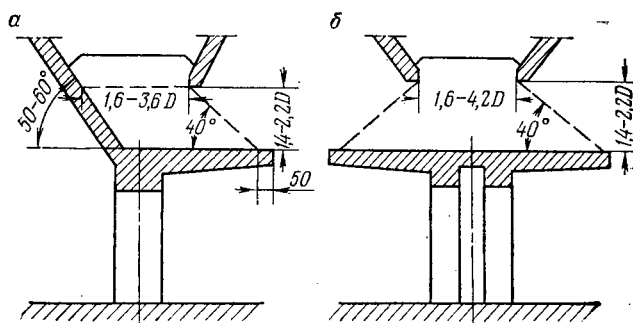


Рис. 13. Разгрузочная часть приемного бункера:

а — с одной щелью; б — с двумя щелями

конвейеров на наклонный устанавливаются крыльчатые дробилки. При наличии в угле большого количества крупных кусков для облегчения провала его в бункер и применения механического дробления отверстия решетки увеличиваются до 300 мм или бункер делается без решетки, а разгрузку саморазгружающихся вагонов производят с огражденных площадок. В этих случаях разгрузочная щель бункера делается большего размера и применяются лопастные питатели с установленными на них крыльчатыми дробилками.

Бункер внутри представляет собой сплошную емкость или емкость, разделенную вдоль по всей высоте или только в нижней конической части на отдельные секции соответственно количеству железнодорожных путей, т. е. он выполняется одинарным или двойным. В поперечном направлении бункер часто также разделяется на отдельные отсеки, или ячейки. Такое устройство бункера дает возможность разделять поступающий уголь по сортам, что имеет большое значение при сооружении общего приемного бункера для фабрики и ТЭЦ, а также позволяет производить шихтовку угля перед брикетированием.

На брикетных фабриках средней и большой производительности применяются бункера с разгрузкой через две щели на два сборных конвейера, из которых каждый часто рассчитывается на

полную производительность фабрики. Тогда один из конвейеров является резервным. Для обеспечения нормальной разгрузки бункера, предотвращения зависания угля, образования сводов и закупорки щели важным является правильный выбор размеров разгрузочной части бункера (рис. 13) в зависимости от максимального размера кусков угля.

§ 2. Оборудование углеприемных устройств

Основным оборудованием углеприемных устройств являются: лопастные питатели для щелевидных бункеров, качающиеся питатели для приемных ям, сборные ленточные конвейеры, крыльчатые дробилки, магнитные сепараторы.

Лопастный питатель (рис. 14) состоит из ходовой тележки 1, на которой смонтирован основной рабочий орган питателя — лопастное колесо 2, вращающееся на вертикальном валу. Привод вала колеса осуществляется от электродвигателя 3 через вариатор 4 частоты вращения и редуктор 5. Тележка приводится в движение от электродвигателя 6. Питатель совершает движение из конца в конец бункера по рельсам, смонтированным на раме сборного конвейера 7. Переключение хода питателя на концах конвейера осуществляется автоматически концевыми электрическими переключателями. При движении тележки вращающееся лопастное колесо сбрасывает высыпавшийся на полку щели материал на сборный конвейер. Производительность питателя регулируется изменением частоты вращения лопастного колеса и скорости движения тележки и зависит от направления движения последних. При совпадении направления вращения лопастного колеса с направлением движения ходовой тележки производительность питателя при прочих равных условиях будет наибольшей.

По взаимному расположению лопастного колеса и ходовой тележки питатели выпускаются правого и левого исполнения.

Технические характеристики лопастных питателей (завод «Цемаг», ГДР), применяемых на буроугольных брикетных фабриках, приведены в табл. 1. Питатели имеют отдельный привод лопастного колеса и тележки с многоступенчатым регулированием частоты вращения лопастного колеса и автоматическое электрическое, а также ручное переключение направления движения тележки.

Питатели изготавливаются правого и левого исполнения. Питание электродвигателя осуществляется посредством троллей или гибкого кабеля. Количество лопастных питателей устанавливается из расчета 100%-ного резерва. У бункеров с одной щелью или при большой их длине, а также при необходимости производить шихтовку углей или при общем бункере для ТЭЦ и фабрики на одну щель устанавливаются по два лопастных питателя.

Крыльчатые дробилки (завод «Цемаг», ГДР) применяются на буроугольных брикетных фабриках для первой ступени предварительного дробления крупных кусков угля с целью предохранения

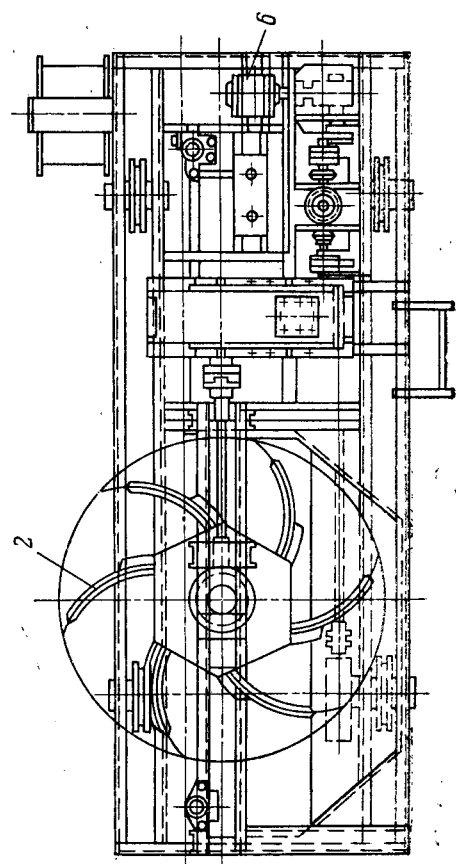
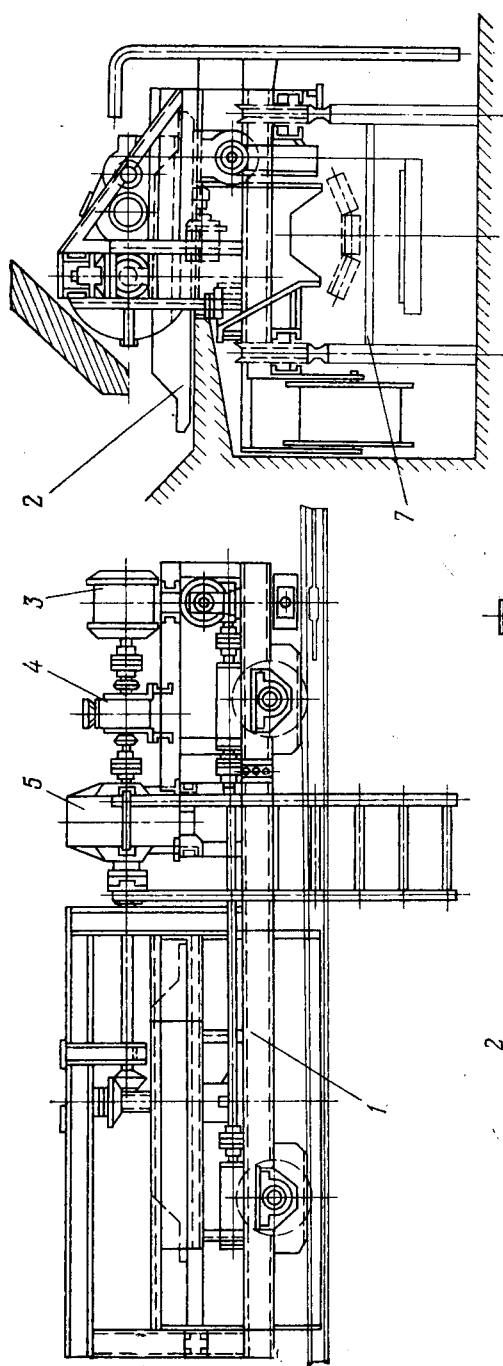


Рис. 14. Лопастный насос

лент и опорных роликов конвейеров от преждевременного износа и облегчения работы последующих механизмов дробильно-сортировочного отделения. Дробилка (рис. 15) состоит из двух вращающихся с различной скоростью навстречу друг другу валков 1 с ножевыми крыльцеобразными бивнями 2, которыми разрушаются

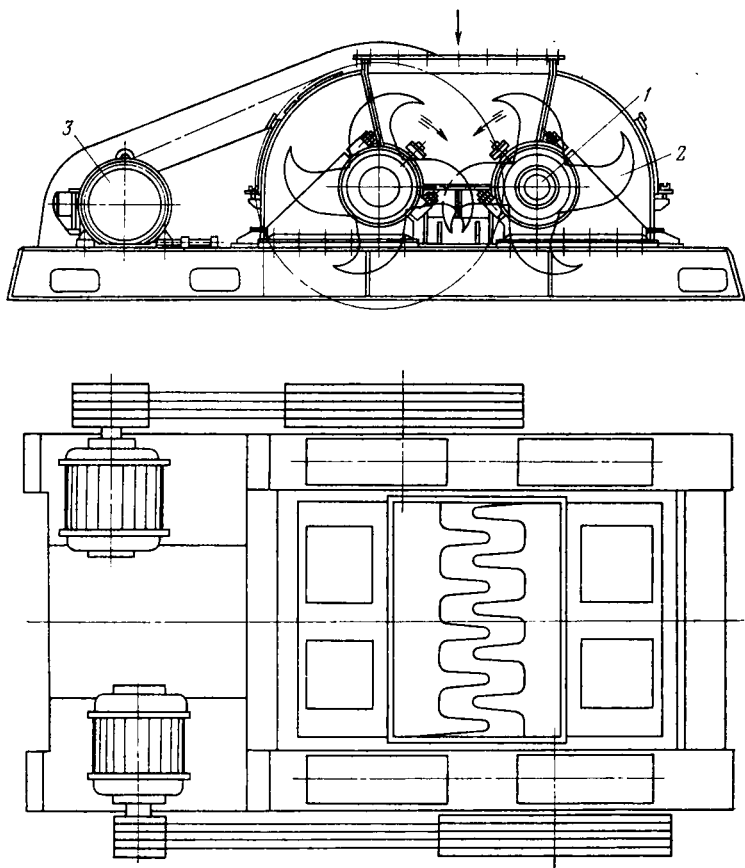


Рис. 15. Схема устройства крыльчатой дробилки

крупные куски угля. Каждый валок имеет самостоятельный привод от электродвигателя 3 с клиноременной передачей. В крыльчатых дробилках куски угля размером 400—800 мм дробятся до 200 (250) мм.

Технические характеристики крыльчатых дробилок приведены в табл. 2.

Для удаления из угля случайно попавших металлических предметов на конце конвейера под бункером или на наклонном конвейере устанавливаются электромагнитные сепараторы.

Таблица 1

Технические характеристики лопастных питателей

Тип	Максимальная производительность ¹ , т/ч	Диаметр лопастного колеса, мм	Частота вращения лопастного колеса, об/мин	Характеристика двигателя колеса		Ширина колеи тележки, мм	Скорость передвижения питателя, м/мин	Характеристики двигателя привода тележки		Масса питателя с электроприводом, кг	Характеристика ленточного конвейера	
				мощность, кВт	частота вращения, об/мин			мощность, кВт	частота вращения, об/мин		ширина ленты, мм	скорость движения, м/с
20	350	2000	11,2—1,1	9,5	750	1400	1,64—0,82	2,0	750	7 000	800	1,68
25	630	2500	9,2—2,1	14	750	1800	1,64—0,82	3,5	750	10 000	1200	2,09
28	1000	2800	9,2—2,1	17	750	2000	1,64—0,82	3,5	750	11 000	1400	2,09

¹ Молодой бурый уголь.

Таблица 2

Характеристики крыльчатых дробилок

Наружный диаметр дробильной лопасти, мм	Производительность, т/ч	Рабочая ширина валка, мм	Крупность угля, мм		Мощность электродвигателя на 1 валок, кВт	Общая масса дробилки с электродвигателями, кг
			до дробления	после дробления		
630	360	1250	0—400	0—200	16	6380
	400	1600				
800	550	1250	0—600	0—250	24	8420
	700	1600				
1000	620	1250	0—800	0—250	33	—
	800	1600				

§ 3. Дробление и грохочение углей при брикетировании

Подготовка угля до крупности, необходимой для брикетирования, производится в дробильно-сортировочном цехе. В зависимости от крупности поступающего угля его дробление производится в две или одну стадию и подразделяется на предварительное крупное и мелкое.

Предварительное дробление производится на буроугольных фабриках, перерабатывающих рядовой уголь, и осуществляется в крыльчатых и валковых зубчатых дробилках.

При наличии в питании дробилок большого количества крупных кусков угля или кусков лигнита размером более 400 мм, а также кусков смерзшегося угля размером (в одном из измерений) более 300 мм предварительное дробление производится в две стадии: на крыльчатых дробилках, чаще всего в бункере, и в валковых дробилках в дробильно-сортировочном цехе.

Мелкое дробление угля осуществляется в молотковых дробилках. При брикетировании отсеков бурых и каменных углей дробление производится в одну стадию в основном на молотковых дробилках.

Грохочение угля в дробильно-сортировочном цехе разделяется на предварительное и подготовительное.

Предварительное грохочение осуществляется на валковых грохотах с целью выделения из угля крупных кусков для последующего дробления их в валковых зубчатых дробилках, а также для выделения крупной части угля при реализации его на сторону как сортового топлива.

Предварительное грохочение и дробление применяются обычно на углях с повышенным содержанием мелочи и на фабриках большой производительности.

Подготовительное грохочение производится для получения угля требуемой для брикетирования крупности и осуществляется на буроугольных фабриках на валковых дисковых или плоскокачающихся грохотах, а при хорошо сыпучих углях — на вибрационных грохотах в одну или две стадии.

Подготовительное грохочение на фабриках, на которых брикетированию подвергаются каменные или твердые бурые угли, осуществляется на вибрационных грохотах.

При выборе схемы цепи аппаратов и механизмов для подготовки угля необходимо учитывать:

качество и свойства угля, подвергаемого брикетированию, — его ситовый состав, содержание кусков лигнита, характер лигнита (хрупкий или волокнистый), твердость угля, сколнность его к налипанию на механизмы, содержание глины, песка, кусков породы;

крупность дробления и ситовый состав дробленого угля в зависимости от принимаемого способа сушки и целевого назначения брикетов;

количество крупнокусового угля, отправляемого на сторону, и количество угля, направляемого в котельную (при сооружении углеприема и дробильно-сортировочного цеха, общих для фабрики и теплоцентрали);

производительность фабрики и продолжительность работы дробильно-сортировочного цеха в сутки.

При большом содержании в угле мелочи подготовка его значительно упрощается и уменьшается количество оборудования для дробления.

При содержании в угле кусков хрупкого лигнита подготовка его не вызывает особых затруднений. При наличии в угле волок-

нистого лигнита подготовка его осложняется, валково-дисковые грохоты забиваются лигнитом, производительность их падает и требуется периодическая остановка грохотов для очистки. Попадание волокон лигнита в дробленый уголь вызывает осложнение в работе сушилок, грохотов контрольного грохочения, охладителей сушенки, вследствие забивания механизмов.

Склонность угля к слипанию, вследствие повышенного содержания в нем поверхностной влаги и глины, ведет к замазыванию механизмов, ухудшению классификации угля и значительному снижению производительности грохотов.

Содержание в угле песка и кусков породы приводит к повышенному износу дисков грохотов и молотков дробилок.

Верхний предел крупности сырого дробленого угля на буровугольных фабриках принимается 6 (8) мм, при брикетировании со связующими — 3 (6) мм.

При производстве брикетов для энергетических целей из молодых бурых углей качество их подготовки и ситовый состав должны отвечать определенным требованиям. Угли в процессе подготовки не должны переизмельчаться или содержать большое количество крупных классов.

Переизмельчение ухудшает сыпучие свойства углей, в результате чего уменьшается загрузка трубок паровых сушилок и скорость продвижения угля по трубкам, снижается производительность сушилок, увеличивается содержание в сушенке пыли, ухудшающей брикетируемость угля, увеличиваются нагрузка на электрофилтры и потери угля в виде пыли и шлама, повышается опасность производства. Повышенное содержание в дробленом угле крупных классов также ухудшает процесс сушки, снижает производительность сушилок по испаренной влаге, вследствие уменьшения поверхности угольных зерен, и увеличивает неравномерность сушки, в результате чего ухудшается механическая прочность брикетов и устойчивость их при хранении.

Оптимальный ситовый состав дробленого угля следующий:

Класс, мм	0—0,5	0,5—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—8
Содержание, %	20	15	23	17	11	7	5	2

Для предотвращения переизмельчения угля в процессе его подготовки производится предварительный отсев мелочи требуемой крупности. Выделенная мелочь направляется на сушку, минуя дробилки. Кроме того, во избежание переизмельчения угля скоростью вращения ротора молотковых дробилок не должна превышать определенный предел.

Для дробилок без колосниковых решеток окружная скорость молотков не должна превышать 50 м/с, а для дробилок с колосниковыми решетками — 40 м/с. Для углей, содержащих лигнит, частота вращения ротора дробилок без колосниковой решетки увеличивается до 55 м/с.

При производстве брикетов для технологических целей, когда прессование сушенки пониженной влажности (12—14%) и без охлаждения производится в штемпельных прессах, а также при брикетировании твердых бурых углей применяется более тонкое их измельчение. На рис. 16 показаны наиболее часто встречающиеся схемы подготовки угля на буроугольных брикетных фабриках.

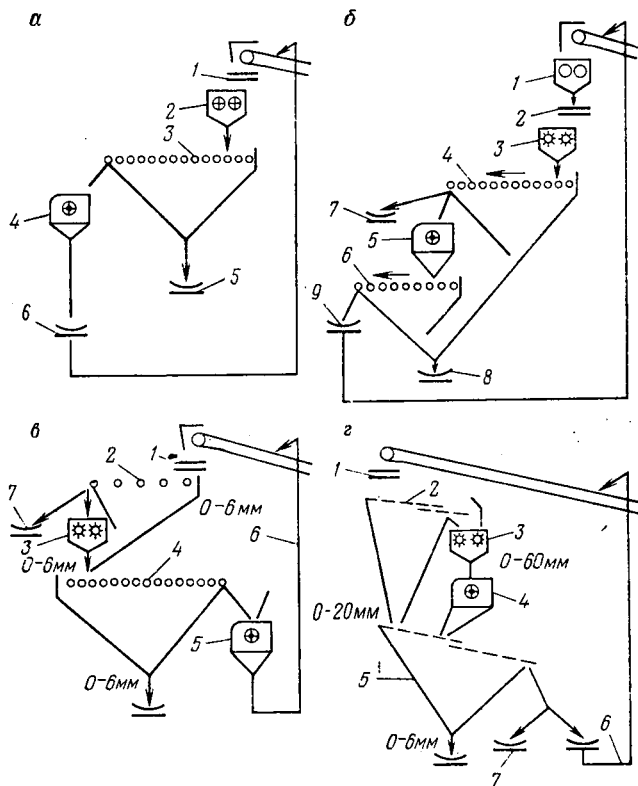


Рис. 16. Схемы подготовки угля в дробильно-сортировочных цехах буроугольных брикетных фабрик

Схема, показанная на рис. 16, а, включает распределительный конвейер 1, валковую зубчатую дробилку 2, валковый или качающийся грохот 3, молотковую дробилку 4, конвейер мелкого угля 5 и конвейер возврата 6. Схема проста и применяется для углей с большим содержанием мелочи.

Схема, показанная на рис. 16, б, включает крыльчатую дробилку 1, устанавливаемую обычно после бункера, распределительный конвейер 2, валковую зубчатую дробилку 3, два валковых грохота 4 и 6 для мелкого грохочения, молотковую дробилку 5, конвейер 7 для отгрузки крупного угля на сторону, конвейер мелкого угля 8 и конвейер возврата 9. Схема применяется для углей с малым со-

держанием мелочи, значительным содержанием крупных кусков угля, лигнита, смерзшегося угля.

В настоящее время при сооружении новых, а также при реконструкции старых брикетных фабрик применяются схемы подготовки угля с одним грохотом большой производительности (большая поверхность рассева) для мелкого грохочения, устанавливаемым до или после молотковой дробилки. Такие схемы подготовки приведены на рис. 16, *в* и *г*.

По схеме, показанной на рис. 16, *в*, поступающий уголь конвейером 1 распределяется по отдельным системам и подвергается предварительному крупному грохочению на валковом грохоте 2. Подрешетный продукт и уголь после валковой зубчатой дробилки 3 поступают на валковый грохот 4 с большой поверхностью рассева. Надрешетный продукт после грохота поступает в молотковую дробилку 5, после которой дробленый уголь конвейером 6 возвращается в цикл. При отгрузке крупного угля на сторону предусматривается конвейер 7. Такая схема подготовки углей считается наиболее простой, обеспечивающей высокую производительность механизмов и удобной в обслуживании.

При небольшом содержании в углях крупных кусков предварительное крупное грохочение и дробление может быть централизовано. Схема применяется для углей, свободных от лигнита или содержащих хрупкий лигнит.

По схеме, показанной на рис. 16, *г*, уголь после распределительного конвейера 1 поступает на грохот предварительного грохочения 2. Подрешетный продукт — 20 мм направляется на мелкое грохочение на грохот 5. Надрешетный продукт + 20 мм последовательно проходит валковую зубчатую, а затем молотковую дробилки 3 и 4 и поступает на мелкое грохочение на двоянный плоскокачающийся или (при углях с малым содержанием поверхностной влаги) на вибрационный грохот 5. Надрешетный продукт + 6 мм мелкого грохочения конвейером 6 возвращается в цикл или конвейером 7 периодически удаляется из цикла. При такой схеме вследствие расположения молотковой дробилки до грохота достигаются высокая производительность грохота по подрешетному продукту и наименьшая доля возврата. Схема применима на углях, содержащих волокнистый лигнит. Накапливающийся в системе при дроблении лигнит периодически сбрасывается на конвейер 7 и удаляется в котельную.

§ 4. Оборудование дробильно-сортировочных цехов

Дробилки. Для крупного дробления влажных бурых углей во избежание замазывания валков применяются валковые зубчатые дробилки с широкими зубьями с редким их расположением.

Молотковые дробилки на брикетных фабриках применяются двух систем: с колосниковой решеткой и без нее. На буроугольных фабриках применяются дробилки, решетки которых выпол-

няются в виде штампованного сита из 10—12-миллиметровой стали, охватывающего ротор по окружности на 270°. Отверстия решетки овальной формы обычно имеют размер 20×40, 25×50 или 30×60 мм. Они косо расположены на сите под углом от 0 до 45°. Установкой решетки с тем или иным размером и углом наклона отверстий регулируется крупность дробления. Дробилки с колосниковыми решетками применяются на углях, несклонных к замазыванию и налипанию и не содержащих волокнистый лигнит. После дробилок с колосниковыми решетками контрольное грохочение угля обычно не производится и он направляется на сушку.

На работу молотковых дробилок значительно влияет влажность угля. При увеличении влажности угля, особенно в осенне-зимний период, производительность дробилок падает и требуется установка решеток с отверстиями больших размеров, что ухудшает качество дробления.

Применение дробилок с колосниковыми решетками требует тщательного выделения из угля металлических предметов во избежание поломки решетки.

При одинаковых диаметрах ротора и производительности дробилка без решетки имеет значительно меньшие размеры и массу, стоит примерно на 30% дешевле дробилки с решеткой, не боится попадания металлических предметов, может применяться на влажных углях, склонных к налипанию, или на углях, содержащих лигнит. Крупность дробления регулируется изменением зазора между ротором и броневой плитой. Уголь после таких дробилок неоднороден по крупности и подвергается контрольному грохочению.

Грохоты. Для крупного грохочения применяются валковые грохоты с круглыми дисками или дисками в виде сферических треугольников с постоянным зазором по всей длине грохота или различной величиной щели для выделения на грохоте нескольких сортов угля по крупности.

Валковые грохоты (рис. 17) состоят из параллельно расположенных вращающихся в одну сторону валков 1 с насаженными на них дисками 2. Концы валков расположены в шариковых подшипниках на раме 3 и приводятся во вращение с помощью конической зубчатой передачи 4.

Для крупного предварительного грохочения расстояние между дисками составляет от 30 до 80 мм. Удельная производительность таких грохотов при работе на молодых бурых углях по питанию 80—90 т/(м²·ч) и по подрешетному 40—70 т/(м²·ч).

Валковые грохоты для мелкого грохочения имеют расстояния между дисками 3,5 мм.

Для очистки дисков от налипшего угля применяется очистное устройство (рис. 18), состоящее из пластин-очистителей, верхним узким концом входящих в зазор между дисками. Нижним раздвоенным концом очистители свободно насаживаются на попереч-

ные полые балки-держатели, по которым пропускается водяной пар.

Для мелкого грохочения исходного угля на буроугольных фабриках применяются в основном два типа грохотов:

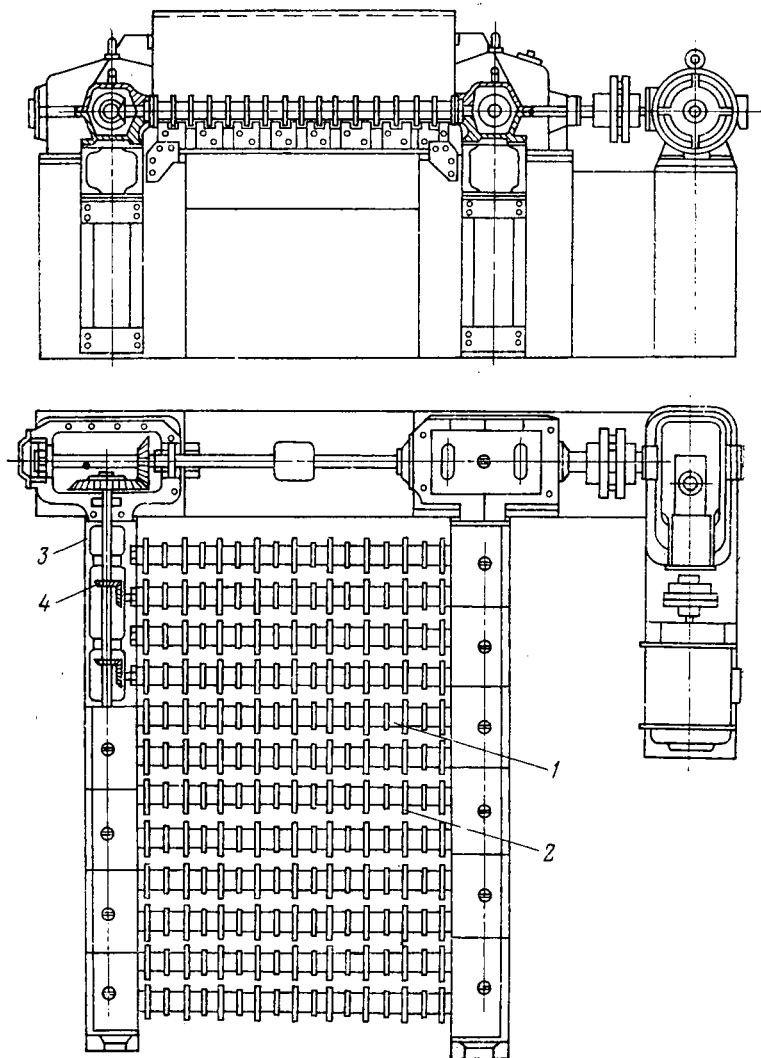


Рис. 17. Валковый грохот

сдвоенные плоскокачающиеся и валковые. Для хорошо сыпучих углей, содержащих мало поверхностной влаги, и старых бурых углей можно применять вибрационные грохоты.

Сдвоенные плоскокачающиеся уравнишенные грохоты с механической или электрической очисткой сит применяются на фабриках, перерабатывающих уголь, содержащий волокнистый лигнит. Они изготавливаются с ситами общей площадью до 20 м², амплитудой колебания 40—70 мм, средним числом колебаний 140—260 в 1 мин. Сита штампованные с квадратными отверстиями

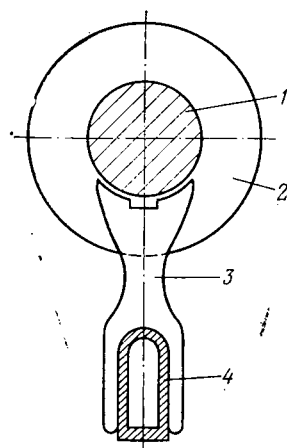


Рис. 18. Очистное устройство для валковых грохотов:

1 — валок; 2 — диск; 3 — очиститель; 4 — полая балка-держатель

Таблица 3
Удельная производительность плоскокачающегося грохота при работе на молодом буром угле, т/(м²·ч)

Содержание мелочи в исходном угле, %	Размер отверстия сита, мм		
	6×6	7×7	8×8
15	1,8	2,8	3,5
40	2,8	4,8	5,0
80	4,0	6,25	7,5

размером 6×6, 7×7 и 8×8 мм или плетеные проволочные.

Плоскокачающиеся грохоты характеризуются простой конструкцией, невысокой стоимостью и небольшими эксплуатационными расходами, хорошими показателями работы на углях, содержащих песок и волокнистый лигнит.

Недостатками грохотов являются малая производительность (табл. 3), большие габариты, вибрация конструкций здания.

Удельная производительность валковых грохотов в 4—6 раза превышает производительность плоскокачающихся. По форме дисков и характеру их расположения на валках различают грохоты: с круглыми концентрически расположенными дисками; с круглыми дисками в виде отдельных эксцентрически расположенных пакетов (из 12 дисков), смещенных относительно друг друга на 180°; с цельными валками и нарезанными дисками, имеющими форму сферических треугольников (соседние валки грохота смещены на 90° относительно друг друга). Частота вращения валков 75—110 об/мин, расстояние между осями валков 110 мм.

При работе на молодом буром угле, содержащем 50% подрешетного продукта, удельная производительность грохота с круглыми концентрично расположенными дисками со щелью между ними 3—4 мм составляет 12—18 т/(м²·ч).

Применение эксцентрично расположенных круглых дисков, а также дисков в форме треугольника улучшает перемешивание угля на грохоте и увеличивает его производительность на 15%. Однако наряду с этим возрастает провал крупных классов, так

как увеличивается зазор между валками вследствие быстрого срабатывания, особенно при высокозольных углях, выступающей части дисков.

Грохоты с круглыми концентрично расположенными дисками характеризуются большей продолжительностью работы дисков, лучшим качеством грохочения и меньшими расходами на ремонт.

На изнашивание дисков и очистителей значительно влияет содержание в угле песка, колчедана, волокнистого лигнита. Лигнит и кусочки колчедана заклиниваются между дисками, нарушают работу очистителей, снижают производительность грохота и требуют его периодической остановки для очистки.

Очистка валковых грохотов производится с помощью металлических гребней, проволочных щеток и продувкой сжатым холодным или горячим воздухом.

В табл. 4 приведена техническая характеристика валковых грохотов.

Таблица 4

Технические характеристики валковых грохотов для предварительного грохочения угля

Размер поверхности грохочения			Число валков	Ширина щели, мм	Двигатель		Масса грохота, кг
ширина, мм	длина, мм	площадь, м ²			мощность, кВт	частота вращения, об/мин	
1250	1650	2,06	12	От 30 до 80	10	1460	3800
	2250	2,81	16				
1500	1650	2,48	12		14	4520	
	2250	3,38	16			4100	
						4725	
	2850	4,28	20		19	5760	
	3450	5,18	24		27	6810	
	4050	6,08	28		27	7500	

Для обеспечения высокой производительности при малозольном угле и предотвращения замазывания поверхности грохочения при липком и влажном угле широкое применение получили грохоты с треугольными дисками и паровым обогревом. Диски обогревают пропусканием пара через полые балки, несущие очистители. Техническая характеристика таких грохотов приведена в табл. 5.

Валковые грохоты по сравнению с плоскокачающимися характеризуются высокой производительностью, меньшими габаритными размерами, спокойной работой и отсутствием вибраций. Недостатками этих грохотов являются: высокая стоимость; низкая эффективность при работе на углях, содержащих волокнистый лигнит (он забивается в щели и наматывается на валки); быстрое изнашивание эксцентрично расположенных и фигурных дисков (особенно на углях, содержащих песок и колчедан) и ухудшение в связи с этим качества грохочения; повышенный расход энергии.

Таблица 5

Технические характеристики валковых дисковых грохотов с треугольными дисками для подготовительного грохочения

Размеры поверхности грохочения			Число валков	Ширина щели, мм	Двигатель		Масса грохота, кг	Габаритные размеры, мм		
ширина, мм	длина, мм	площадь, м ²			мощность, кВт	частота вращения, об/мин		длина	ширина	высота
1250	2530 2970	3,16 3,70	24 28	3,5—24	27	1450	8460 9350	—	—	—
1500	2970 3410	4,45 5,10	28 32,2		34		10155 11085	4700	3800	1250
	3850 4290	5,77 6,44	36 40		40		12310 13275	5600	3800	1250
	4730 5170 5610 6050	7,10 7,78 8,41 9,06	44 48 52 56		55		14275 15535 16520 17530	6000	38000	1250
	6490 6930	9,72 10,39	60 64		75		18915 19980	8100	3900	1300

В зависимости от производительности фабрики дробильно-сортировочный цех сооружается в одну или две секции. Компонировка оборудования в секции цеха, как правило, осуществляется по принципу отдельных систем с расположением оборудования по вертикали друг под другом. Уголь из бункера поступает на конвейер, с помощью щитовых сбрасывателей с односторонней разгрузкой распределяется по отдельным системам и проходит последовательно самотеком сверху вниз механизмы дробления и грохочения. Дробленый уголь поступает на сборный конвейер и направляется на сушку. Возврат от отдельных систем поступает на сборный конвейер и направляется снова в цикл.

Расположение оборудования в виде отдельных вертикальных систем обеспечивает хороший надзор за ним, но имеет и существенные недостатки. При таком расположении увеличивается количество оборудования, так как выход из строя одного из механизмов ведет к остановке всей системы. Вертикальное расположение тяжелого оборудования требует применения тяжелых конструкций, устойчивых к динамическим нагрузкам.

В последнее время пытаются упростить схему дробильно-сортировочного цеха, применяя схему, по которой уголь после каждой операции подготовки направляется на сборный конвейер, а затем снова распределяется по механизмам для следующей операции. Преимущества такой схемы — лучшее использование оборудования, меньшая высота здания и более легкие строительные конст-

рукции. Недостаток — большое количество конвейеров и поэтому большая затрата рабочей силы.

Для обеспечения нормальной работы механизмов при углях повышенной влажности передаточные точки и желоба должны иметь угол наклона к горизонту не менее 75° и возможно большую площадь сечения. Стенки течек и желобов обогреваются паром.

Транспортирование дробленого угля в сушильный цех фабрики осуществляется главным образом наклонными ленточными конвейерами. Как правило, в галерее устанавливаются 2 конвейера, один из которых является резервным.

Для учета количества угля, поступающего на брикетирование, а также количества угля, направляемого в котельную, на наклонных конвейерах до и после дробильно-сортировочного цеха устанавливают весы. Общее количество рядового угля, поступающего в дробильно-сортировочный цех, определяется по формуле

$$G = K + F_1 + F_2 + S,$$

где G — количество рядового угля; K — количество рядового угля, необходимое для изготовления K_1 брикетов; F_1 — количество рядового угля, расходуемого теплоцентралью; F_2 — количество рядового угля, расходуемого на газовую сушилку; S — количество рядового угля, отправляемого на сторону.

Количество рядового угля K для производства K_1 брикетов определяется по формуле

$$K = (1 + 0,01V_k) \frac{100 - W_1}{100 - W_2} K_1,$$

где V_k — потери угля в виде пыли и боя брикетов, %; W_1 и W_2 — влажность соответственно рядового угля и брикетов, %; K_1 — количество брикетов, т/ч.

Потери угля V_k составляют обычно около 3%. Из них около 2% приходится на бой брикетов и брикетную крошку и около 1% на потери угля в виде пыли и шлама.

Количество рядового угля для котельной теплоцентрали определяется технологическими расчетами в зависимости от количества влаги, испаряемой из угля при брикетировании, количества пара, потребляемого котельной на собственные нужды, и расхода угля в котельной на получение 1 т пара.

Количество рядового угля для топок при газовой сушке определяется по формуле

$$F_2 = \frac{(K - 1,01V_k K_1) i}{Q_{\text{н}}^{\text{п}} \eta_{\text{т}}},$$

где i — удельный расход тепла на испарение влаги при газовой сушке ($i = 850 \div 900$ ккал/кг); $\eta_{\text{т}}$ — коэффициент полезного действия топки, принимается 90%; $Q_{\text{н}}^{\text{п}}$ — низшая теплота сгорания для рабочего топлива, ккал/кг.

При работе фабрики 24 ч в сутки дробильно-сортировочный цех рассчитывается на меньшее время работы в связи с необходимостью периодических остановок для зачистки оборудования от налипшего угля. Кроме того, производительность дробильно-сортировочного цеха должна не только соответствовать текущей нормальной потребности в угле, но и обеспечивать заполнение порожних бункеров перед сушилками и топками при пуске фабрики и при перебоях с углем.

Производительность L дробильно-сортировочного цеха определяется по формуле

$$L = \frac{24}{t} G + \frac{B}{Z}, \quad (1)$$

где t — общее время работы дробильно-сортировочного цеха в сутки, принимаемое равным 20—22; B — общая емкость бункеров сушилок, т; Z — время работы дробильно-сортировочного цеха, в течение которого наполняются порожние бункера.

Величина $\frac{B}{Z}$ является поправкой на коэффициент неравномерности, который принимается при расчете дробильно-сортировочного цеха брикетных фабрик равным 1,25;

$$\frac{B}{Z} = \frac{1}{5} L. \quad (2)$$

Решая уравнения (1) и (2), определяют L и Z .

Исходя из производительности отдельных механизмов и ситового состава угля, определяют количество и производительность отдельных систем в дробильно-сортировочном цехе. При подготовке угля в замкнутом цикле производительность грохотов и дробилок с учетом циркулирующей нагрузки принимается на 30—35% больше расчетной.

На случай ремонта и выхода из строя одна или две системы предусматриваются резервными.

Глава V СУШКА УГЛЯ

§ 1. Краткие сведения о влажности материала и механизме процесса сушки

Ископаемые угли имеют капиллярно-пористую структуру. В зависимости от природы они содержат различное количество влаги. Удаление избыточной влаги из угля достигается сушкой, которая представляет собой сложный теплофизический и физико-химический процесс, сопровождающийся тепло- и влагообменом между

поверхностью материала и окружающей средой и внутри материала.

На процесс сушки значительно влияет вид связи влаги с материалом. Имеется несколько классификаций видов связи влаги с материалом.

В практике сушки основываясь на классификации П. А. Ребиндера различают:

свободную, или внешнюю — влагу микрокапилляров и влагу смачивания, физико-механически связанную с материалом;

гигроскопическую — влагу, физико-химически связанную с материалом, высушенном до воздушно-сухого состояния;

конституционную — химически связанную влагу, остающуюся в угле после удаления свободной и гигроскопической влаги.

При сушке углей обычно удаляется влага, связанная с ним физико-механически (свободная) и частично физико-химически.

Влагу, которая может быть удалена из материала при данных условиях сушки и параметрах сушильного агента, называют избыточной.

Когда материал находится в состоянии равновесия с окружающей средой, т. е. когда температура материала равна температуре окружающего воздуха и давление пара у поверхности материала равно парциальному давлению пара воздуха, влажность материала называется равновесной.

Удаление влаги из материала до содержания равновесной влаги называется десорбцией, или сушкой.

Поглощение материалом влаги из окружающей среды, которое может происходить до равновесного состояния, называется сорбцией, или увлажнением.

Материалы, отдающие и поглощающие влагу в зависимости от влажности окружающей среды, называются гигроскопическими. Такими свойствами обладают бурые угли.

Для испарения влаги необходимо, чтобы парциальное давление водяных паров у поверхности материала было больше парциального давления пара в окружающей среде.

Чем меньше парциальное давление в окружающей среде, тем интенсивнее процесс сушки.

Если парциальное давление у поверхности материала равно парциальному давлению пара в окружающей среде, процесс сушки прекращается.

Влагосодержание материала, соответствующее равновесному состоянию, зависит от природы материала, температуры и влагосодержания окружающей среды. При постоянной температуре равновесное состояние зависит только от влажности среды. Влагосодержание материала при различной относительной влажности воздуха при данной температуре образует кривую равновесного влагосодержания, или изотерму сорбции (рис. 19), если она получена при поглощении влаги материалом, или изотерму десорбции при потере влаги.

На графике все точки (см. рис. 19), расположенные выше этой кривой, соответствуют состоянию десорбции влаги из материала и, наоборот, точки ниже равновесной кривой—состоянию сорбции материалом паров влаги из окружающей среды.

Изотермы сорбции и десорбции имеют большое значение для технологии процесса сушки.

Равновесное содержание влаги, соответствующее 100%-ной относительной влажности воздуха, называется гигроскопической точкой. При влагосодержании выше гигроскопического материал находится во влажном состоянии, при влагосодержании ниже гигроскопического материал будет отдавать или поглощать влагу в зависимости от состояния атмосферы.

Передача тепла материалу при сушке может осуществляться через греющую поверхность (например, в паровых сушилках) или при непосредственном соприкосновении материала с нагретой средой (сушка дымовыми газами), поглощающей водяные пары.

Количество влаги, удаляемой из материала в единицу времени, или скорость сушки, непостоянно и изменяется со временем. Наиболее интенсивные испарения влаги и снижение влажности материала происходят в первую половину времени сушки, затем процесс удаления влаги замедляется.

О характере процесса сушки того или иного материала судят по кривым скорости сушки (рис. 20), представляющим собой зависимость влажности материала или скорости его сушки от времени. Эти кривые получают экспериментально сушкой материала при определенных постоянных условиях сушильного агента (температуре, скорости и относительной влажности).

Процесс сушки подразделяется на периоды:

нагрева, характеризуемого быстрым возрастанием температуры материала и скорости сушки при незначительном изменении его влажности (см. рис. 20, участок АВ). Скорость сушки при этом возрастает до максимального значения. Продолжительность периода небольшая и зависит от крупности материала и температуры теплоносителя;

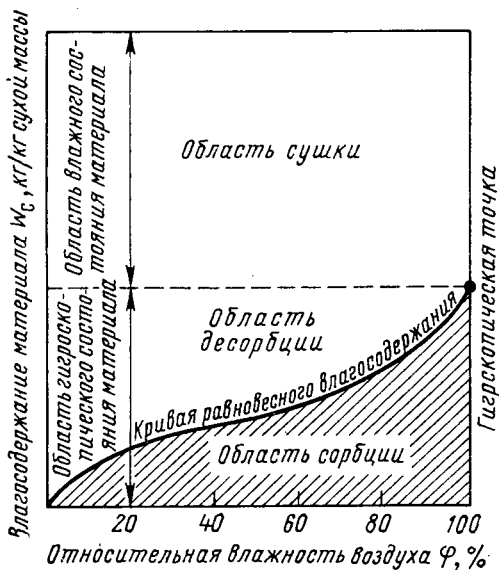


Рис. 19. Состояние влаги в материале в зависимости от влажности среды

постоянной скорости, наступающего при достижении максимального значения скорости сушки. В результате более быстрого поступления влаги изнутри зерна материала к его поверхности по сравнению со скоростью перехода ее в окружающий агент сушки образуется избыток влаги на поверхности и она

испаряется как со свободной поверхности. Скорость сушки остается постоянной, равной скорости испарения влаги со свободной поверхности, и зависит только от условий сушки — температуры, влажности и скорости движения агента. Изменение влажности материала на графике (см. рис. 20) в этот период выразится прямой BC . В этот период из угля удаляется основное количество влаги. Температура материала остается постоянной и равной примерно температуре t_m мокрого термометра.

падающей скорости, наступающего после достижения материалом критической влажности (см. рис. 20, участок CD), когда вследствие недостаточного поступления влаги из его внутренних слоев количество испаряемой влаги в единицу времени

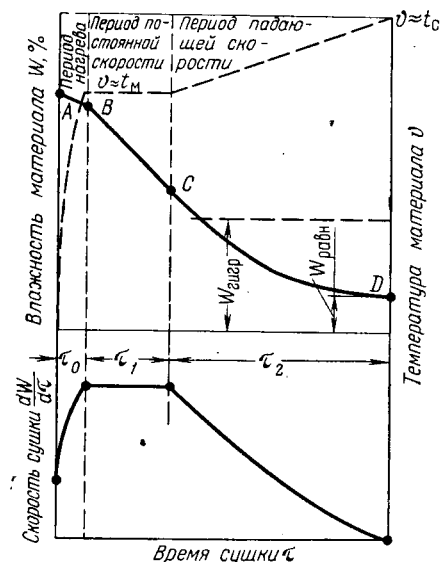


Рис. 20. Кривые изменения скорости сушки, влажности и температуры материала при постоянных условиях сушки

уменьшается, а температура материала повышается. При достижении равновесного состояния скорость сушки становится равной нулю, а температура материала — равной температуре t_c сухого термометра.

На скорость и длительность сушки материала большое влияние оказывают природа материала, количество удаляемой влаги, крупность материала, толщина его слоя, интенсивность перемешивания, температура, влажность и скорость движения агента сушки, конструкция сушильного аппарата.

§ 2. Общие сведения о сушке углей на брикетных фабриках

На буроугольных брикетных фабриках сушка угля как технологическая операция занимает основное место. Окускование угля в брикеты, устойчивые при перевозках и хранении, возможно только при оптимальной влажности 18—19%. По сравнению с другими производственными операциями процесса брикетирования сушка угля является наиболее дорогой. В себестоимости

брикетов на сушку приходится до четверти всех затрат на брикетирование и половина всех затрат, приходящихся непосредственно на процесс переработки угля в брикеты.

Сушка угля необходима и при брикетировании угольной мелочи со связующей добавкой, так как она обуславливает лучшее взаимодействие угля и связующего, уменьшает расход последнего и улучшает качество брикетов.

При производстве буроугольных брикетов применяется главным образом паровая сушка, которая имеет ряд преимуществ, связанных с особенностями пара как теплоносителя:

значительный концентрированный запас тепловой энергии в виде скрытой теплоты парообразования;

высокий коэффициент теплопередачи от конденсирующегося пара;

возможность передачи тепловой энергии на расстояние по трубопроводам;

удобство регулирования процесса сушки и большая безопасность в пожарном отношении, чем при газовой сушке.

Буроугольные брикетные фабрики сооружаются в комплексе с теплоэлектроцентралью. Для сушки угля на фабрику подается пар давлением 4—5 кгс/см² от турбин ТЭЦ, работающих с противодавлением. Если брикетные прессы имеют паровой привод, то на фабрику подается пар давлением 16—18 кгс/см². Отработавший пар из паровых машин прессов под давлением 3—3,5 кгс/см² после очистки от масла используется для сушки угля. Конденсат из паровых сушилок возвращается в паровые котлы ТЭЦ.

Преимуществом паровой сушки является также экономически выгодное сочетание производства брикетов с производством электроэнергии на теплоцентралях при брикетных фабриках. В результате использования части тепла пара для выработки электроэнергии и затем энергии мятого пара после турбин для сушки угля взаимно снижаются общие издержки производства.

Сопутствующее производство электроэнергии при брикетировании влажных молодых бурых углей является одним из условий рентабельности углебрикетного производства. На современных зарубежных фабриках при применении на теплоцентралях пара с высокими параметрами на каждую тонну брикетов вырабатывается энергия и отдается в сеть энергосистемы (после удовлетворения потребности в ней всего буроугольного комплекса), в виде избыточной энергии, т. е. реализуется до 150—180 кВт·ч дешевой электрической энергии.

Экономический эффект от производства электрической энергии и другие преимущества паровой сушки быстро окупают повышенные капитальные затраты, связанные с ее применением.

С уменьшением влажности исходного угля снижается экономичность паровой сушки вследствие уменьшения количества энергии, вырабатываемой на 1 т брикетов.

Газовая сушка углей на буроугольных фабриках значительно меньше распространена. При брикетировании молодых бурых углей газовая сушка на зарубежных фабриках применяется главным образом при сооружении фабрики в комплексе с полукоксовой установкой, когда для сушки угля утилизируется низкокалорийный полукоксовый газ. С уменьшением влажности исходного угля экономичность применения газовой сушки (при использовании для получения теплоносителя части подаваемого на фабрику угля) возрастает. Поэтому при брикетировании старых бурых углей газовая сушка становится более выгодной, если учесть также и меньшие капитальные затраты.

Паровая сушка углей на буроугольных брикетных фабриках осуществляется главным образом в паровых трубчатых сушилках (на старых зарубежных фабриках применяются еще паровые тарельчатые сушилки) газовая сушка — в трубах-сушилках. Сушка газами бурых углей в барабанных газовых сушилках не получила распространение.

Одним из недостатков газовой сушки при брикетировании мягких бурых углей является высокая неравномерность подсушки крупных и мелких классов, которая отрицательно сказывается на качестве брикетов. Вследствие высокой скорости газовой сушки крупные частицы угля не успевают отдавать необходимое количество влаги, в то время как мелкие частицы пересушиваются. При брикетировании со связующими сушка углей осуществляется в газовых барабанных сушилках или трубах-сушилках.

Паровые трубчатые сушилки имеют значительные преимущества по сравнению с газовыми сушилками:

меньший видимый расход тепла, т. е. меньшее количество тепла, затрачиваемого в сушилке непосредственно на испарение влаги из угля (700—800 ккал/кг вместо 900—1100 ккал/кг у газовых сушилок);

значительно меньший фактический расход тепла на сушку вследствие использования отборного пара турбин и выработки электроэнергии на тепловом потреблении, в результате чего достигается более полное использование энергии добываемого топлива;

малый износ и устойчивость сушилки в работе, обуславливающие высокий коэффициент их использования по времени (97—99%);

значительно меньший расход электрической энергии на 1 т испаряемой влаги (3—5 кВт·ч вместо 15—16 кВт·ч у газовых сушилок);

простота эксплуатации, надежность в работе, удобство регулирования процесса и повышенная безопасность производства.

Преимущества паровых трубчатых сушилок, несмотря на их значительную металлоемкость, объясняют распространение этих сушилок при брикетировании молодых бурых углей.

§ 3. Устройство паровой трубчатой сушилки

Паровая трубчатая сушилка (рис. 21) представляет собой цилиндрический, расположенный наклонно вращающийся барабан 1 диаметром 2,5—5 м, длиной 7—8 м. На торцах барабана закреплены трубные решетки 2 и 3 в которые ввальцованы сушильные трубки 4 внутренним диаметром 95—108 мм. Сушильные трубки распределены в барабане по шести секторам, равномерно по всей площади трубной решетки.

Осью барабана служит центральная труба 5, концы которой закреплены в муфтах 6, жестко соединенных с трубными решетками. Муфты имеют полые цапфы, вращающиеся в опорных подшипниках 7 и 8. В новых конструкциях сушилок вместо подшипников скольжения применяются роликовые подшипники.

Корпуса опорных подшипников имеют водяное охлаждение. Своими нижними сферическими поверхностями корпуса подшипников лежат на таких же поверхностях опор подшипников, чем обеспечивается самоцентрирование подшипников во время монтажа и работы сушильного барабана. Опоры подшипников крепятся на двутавровых балках, опирающихся на соответствующие элементы зданий.

В результате установки барабана наклонно под влиянием силы тяжести возникает осевая нагрузка на его опорный подшипник на стороне разгрузки угля, которая воспринимается упорным однорядным коническим роликоподшипником. Конструкция опорного подшипника на стороне загрузки угля обеспечивает свободное перемещение цапфы барабана в продольном направлении, происходящее вследствие изменения длины барабана в результате его нагрева. При холодном состоянии барабана предусматривается зазор в пределах 20—25 мм между рабочей поверхностью цапфы и подшипником. К передней трубной решетке крепится зубчатый венец 9, с помощью которого осуществляется вращение барабана сушилки. На внутренней стороне обода зубчатого венца имеются углубления — улавливающие карманы, которыми подхватывается уголь, просыпающийся с загрузочных полос основного загрузочного устройства при вращении барабана, и уносится вверх, где высыпается на полосы дополнительного загрузочного устройства. Венец находится в зацеплении с зубчатой шестерней 10 привода сушилки.

Пар в сушилку подается по трубе 11. Через полую цапфу он поступает в центральную трубу, а затем через отверстия в трубе — в межтрубное пространство, нагревает трубки и конденсируется. Собирающийся в нижней части барабана конденсат поступает в конденсатосборники 12 и при вращении барабана через S-образные трубки 13 и полую цапфу непрерывно отводится из сушилки по трубе 14.

Дробленый уголь из бункера сушилки 15 по течке 16 с шпиральным затвором самотеком поступает в основное загрузочное

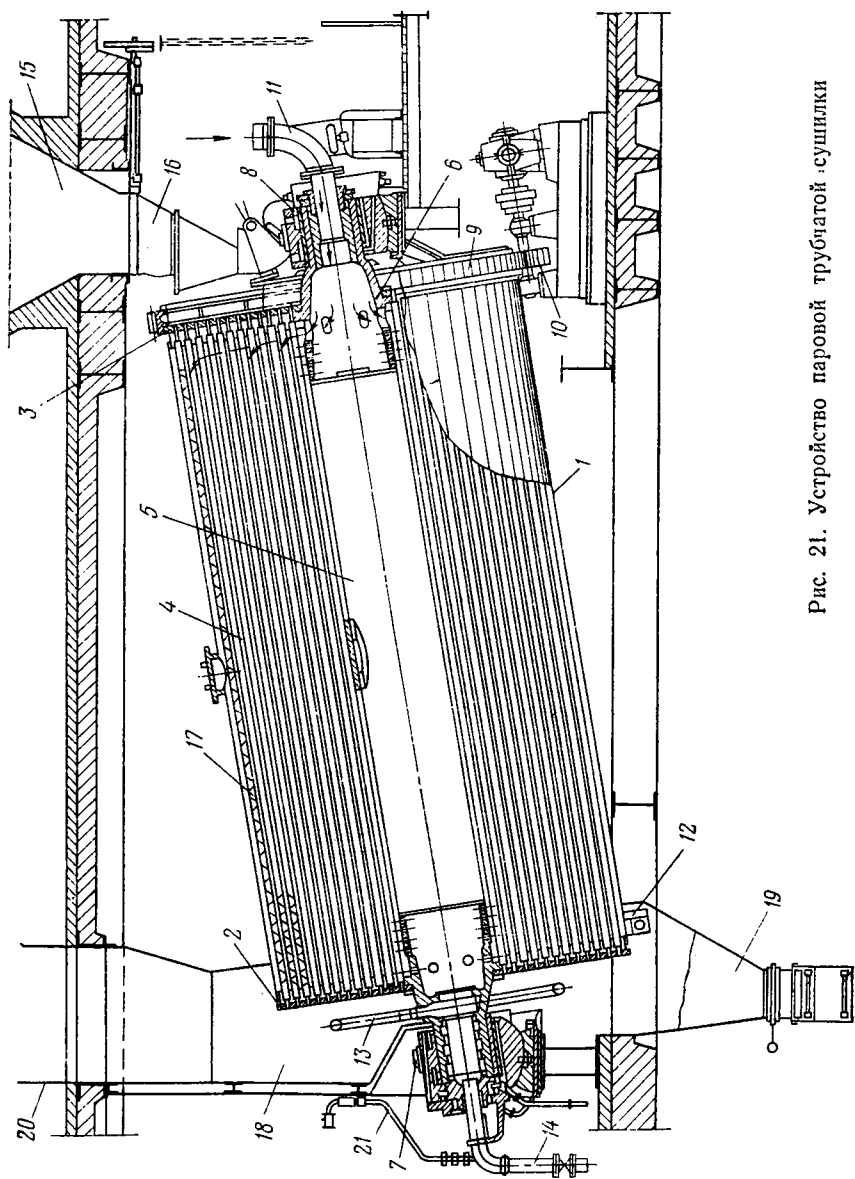


Рис. 21. Устройство паровой трубчатой сушилки

устройство сушилки, состоящее из загрузочной камеры и нескольких наклонно расположенных загрузочных пластин 1 (рис. 22), примыкающих с небольшим зазором к передней трубной решетке. Внизу загрузочная камера заканчивается секторным затвором для прекращения поступления угля при остановке сушилки.

Уголь с пластин сыпается на движущуюся трубную решетку и засыпается в проходящие трубки. Для более полной загрузки

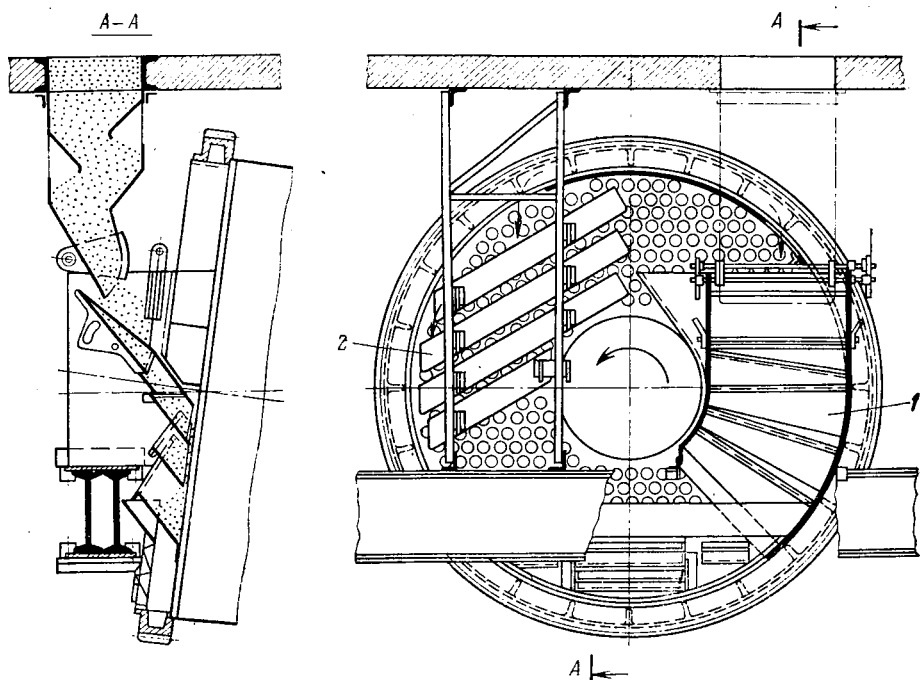


Рис. 22. Загрузочное устройство паровой трубчатой сушилки

периферийных трубок, окружная скорость которых больше скорости центральных, загрузочные пластины имеют наклон в сторону внешнего обода барабана, достигающий у нижних пластин до $45-60^\circ$.

Расположение загрузочных полос одна над другой способствует тому, что уголь, не попавший в трубки с верхних полос загрузочного устройства, просыпается на нижерасположенные полосы, с которых поступает в сушильные трубки. Уголь, просыпавшийся в зазоры между нижними загрузочными полосами и трубчатой решеткой, попадает в улавливающие карманы зубчатого венца, образующие в данном случае нечто вроде элеватора, поднимается вверх и затем высыпается в основное или дополнительное загрузочное устройство. Небольшая часть угля, высыпавшегося из трубок при вращении сушилки, падает на пластины 2 дополнитель-

ного загрузочного устройства и возвращается в трубки либо проваливается в карманы зубчатого венца и снова поступает в загрузочное устройство.

Уголь в трубки сушилки засыпается под действием силы тяжести. Заполнение трубок зависит от сыпучести материала. Поэтому уголь в загрузочной камере и по загрузочным пластинам должен двигаться в разрыхленном состоянии.

У больших сушилок для устранения налипания угля стенки течки и загрузочной камеры имеют паровую рубашку.

Для увеличения заполнения трубок углем и улучшения процесса сушки каждая трубка снабжается вставками 17 (см. рис. 21), которые изготавливаются из полосового железа в виде спирали с переменным шагом, убывающим к разгрузочному концу сушилки. Шаг спирали уменьшается по длине трубки, чем достигается большее торможение угля в конце трубки, когда его влаготдача и заполнение трубок сильно уменьшается, а скорость движения увеличивается. Длина вставки достигает до 7 м. Передняя часть трубок на длине 800—1000 мм свободна от вставок, что способствует большому поступлению угля в трубки при загрузке.

Направление винтовой линии спиральной вставки зависит от направления вращения барабана сушилки. В сушилках с правым вращением барабана, если смотреть со стороны загрузки, устанавливаются вставки с правым направлением спирали, и наоборот. В этом случае достигается наибольшее заполнение трубок углем.

Разгрузочный конец барабана сушилки входит в разгрузочную камеру 18. Подсушенный уголь высыпается из трубок в конце барабана в разгрузочную камеру, переходящую вниз в одну или две сборные воронки 19, откуда он поступает на сборный конвейер. Разгрузочная камера переходит вверх в вытяжную трубу 20, в верхней части которой расположен электрофильтр для улавливания угольной пыли, уносимой из сушилки с паровоздушной смесью.

Под влиянием тяги, создаваемой вытяжной трубой, в разгрузочной камере сушилки образуется разрежение 4—8 мм вод. ст., которое обуславливает поступление воздуха в сушилку и движение его по трубкам. Для предотвращения засасывания воздуха в разгрузочную камеру и создания в ней необходимого разрежения задняя стенка камеры должна по возможности плотно прилегать к кожуху вращающегося барабана.

Разгрузочные воронки в нижней части снабжаются шлюзовыми затворами с индивидуальным приводом, в результате чего устраняется подсос воздуха в сушилку со стороны конвейера. Кроме того, шлюзовой затвор является предохранительным затвором на случай загорания пыли в сушилке и позволяет надежно отключать сушилку от всей системы при ее ремонте.

Конденсаторопровод 14 в верхней части соединен с воздушником 21, через который при разогреве сушилки воздух выпускается из

барабана и, наоборот, засасывается при остановке сушилки и охлаждении барабана. В нижней части конденсатопровод разделяется на два трубопровода с отдельными задвижками. Один трубопровод соединен с резервуаром, в который стекает конденсат при разогреве сушилки. Этот резервуар соединен с атмосферой и не имеет давления. Другой трубопровод служит для стока конденсата из барабана в резервуар при нормальной работе сушилки, находящийся под давлением, близким к давлению в сушилке.

Для сушики молодых бурых углей начальной влажностью 50—55% барабаны сушилок устанавливаются с наклоном 7—9°. Для менее влажных углей угол наклона увеличивают до 10—12°. Частота вращения барабана 6—10 об/мин. Наклон и вращение барабана обуславливают передвижение угля вдоль барабана и время пребывания его в сушилке, которое для молодых бурых углей составляет от 20 до 30 мин. Частота вращения барабана в указанных пределах устанавливается в каждом конкретном случае в зависимости от начальной и конечной влажности угля, его свойств и условий сушики (давления пара, разрежения, крупности угля). Увеличение частоты вращения или наклона барабана против этих же показателей, установленных для данных условий сушики, увеличивает количество угля, пропускаемого через сушилку, но одновременно уменьшает время пребывания его в сушилке и увеличивает влажность сушенки.

Регулирование частоты вращения барабана производится изменением частоты вращения электродвигателя (применяются электродвигатели с фазовым ротором и с пускорегулировочным сопротивлением), а также с помощью турбомуфты или вариатора скорости.

Современные сушилки имеют многоступенчатые вариаторы с плавным изменением частоты вращения от 4,2 до 11,2 об/мин через каждые 0,2—0,3 об/мин.

Пар для сушики угля поступает с ТЭЦ в распределительный паропровод сушильного отделения фабрики, от которого идут ответвления к каждому сушильному барабану, перекрываемые паровпускными вентилями. Перед каждым барабаном установлен паромер для учета количества пара, потребляемого барабаном и для контроля процесса сушики угля. Степень нагрева масла и охлаждение опорных подшипников сушильного барабана контролируются термометрами. Температура масла после выхода из подшипников цапф барабана не должна превышать 70° С.

Расположение паровой сушилки в сушильно-прессовом цехе брикетной фабрики показано на рис. 23.

Производительность трубчатой сушилки характеризуется величиной ее греющей поверхности, т. е. суммарной внутренней поверхностью сушильных трубок. На отечественных брикетных фабриках установлены сушилки с поверхностью нагрева от 900 до 2220 м². С увеличением греющей поверхности значительно повы-

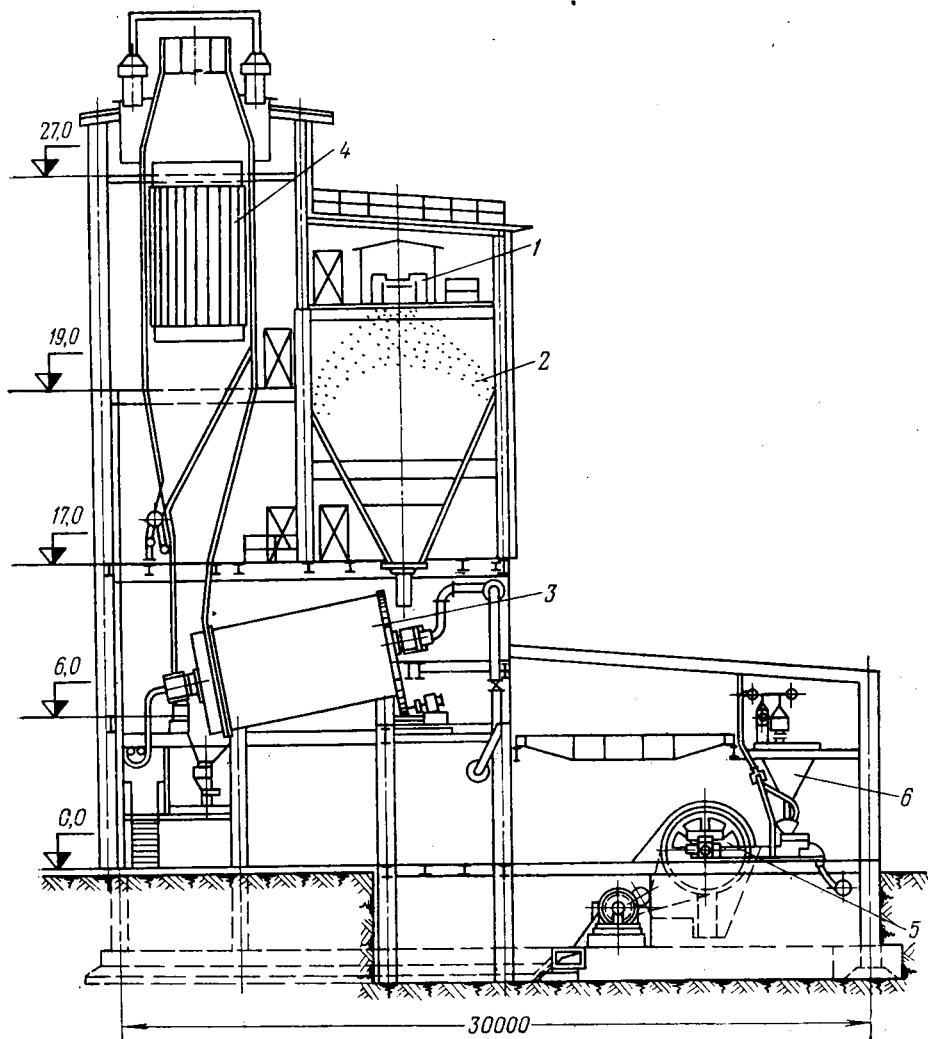


Рис. 23. Расположение паровой трубчатой сушилки в сушильно-прессовом корпусе брикетной фабрики:

1 — распределительный конвейер для мелкого угля; 2 — бункер угля; 3 — трубчатая сушилка; 4 — электрофильтр; 5 — брикетный штемпельный пресс; 6 — бункер сушенки брикетного пресса

шаются технико-экономические показатели трубчатых сушилок, особенно по капитальным затратам на сооружение сушильных цехов. В настоящее время на вновь сооружаемых фабриках устанавливаются трубчатые сушилки с поверхностью нагрева 4030 м².

**Технические характеристики паровых трубчатых сушилок
(завод «Цемаг», ГДР)**

Типовой размер, м	3×8	4×8	5×8
Размеры барабана, мм:			
диаметр	3140	3990	5240
длина	7990	7990	7990
Длина сушильных трубок	8000	8000	8000
Число трубок	600	876	1581
Поверхность нагрева, м ²	1325	2230	4030
Частота вращения, об/мин	От 4,2	До 11,2	От 3 до 9
Производительность по сушенке, т/ч	8,5	14	26
Мощность электродвигателя, кВт	10	17,5	22
Масса сушилки, т	65	120	190

§ 4. Факторы, влияющие на работу паровых трубчатых сушилок

Паровые трубчатые сушилки — аппараты, работающие под избыточным давлением 3—5,5 кгс/см². Сушка угля происходит главным образом за счет заключенной в паре скрытой теплоты парообразования. Поступающий в сушилку пар с небольшим перегревом (10—15° С), соприкасаясь с поверхностью трубок, быстро теряет тепло перегрева (5—10 ккал/кг) и конденсируется. На каждый килограмм пара выделяется до 500—520 ккал тепла, которое вследствие разницы температур передается через стенки трубок к углю.

Основным показателем, характеризующим работу паровой трубчатой сушилки и использование ее греющей поверхности, является удельная производительность сушилки по влаге, или напряжение поверхности нагрева по влаге, т. е. количество влаги испаряемое из угля с 1 м² внутренней поверхности трубок в 1 ч. При сушке земляных бурых углей зависимость напряжения поверхности нагрева от давления пара и разрежения на выходе из сушилки приведена на рис. 24.

Производительность сушилки по испаряемой влаге и соответственно по углю зависит от его крупности, давления греющего пара, разрежения в разгрузочной камере сушилки, полноты загрузки трубок и др.

При уменьшении крупности угля увеличивается суммарная поверхность угольных частиц и вследствие этого интенсивность испарения из него влаги. Однако уменьшение крупности угля перед сушкой возможно до определенного предела, так как с уменьшением крупности ухудшаются сыпучие свойства угля, в результате чего уменьшается загрузка трубок. Уменьшение

поступления угля в трубки сушилки может происходить при этом в такой степени, что оно не может быть компенсировано увеличением частоты вращения барабана в связи с увеличением скорости сушки при более мелком угле. Излишнее переизмельчение угля увеличивает также содержание в сушенке пыли, которая ухудшает ее брикетируемость. С уменьшением крупности сушенки увеличи-

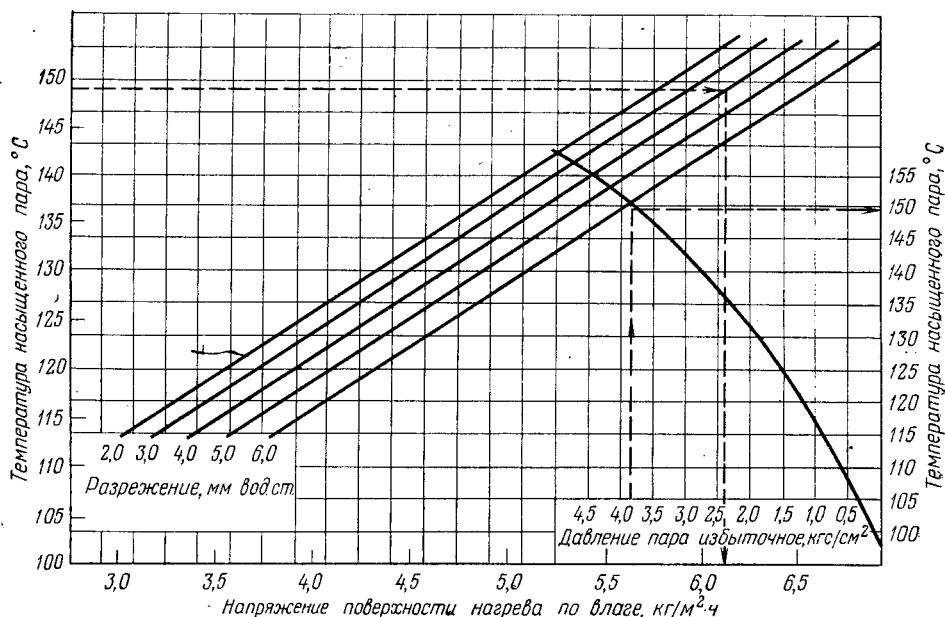


Рис. 24. Зависимость напряжения поверхности нагрева паровой трубчатой сушилки от давления греющего пара и разрежения на выходе из сушилки

вается образование пыли в транспортных устройствах, при контрольной подготовке сушенки и прессовании. В результате увеличиваются затраты на ее улавливание, возрастают потери угля и ухудшается процесс прессования в штемпельных прессах.

При повышении давления пара увеличивается теплопередача от конденсирующегося пара к углю и повышается производительность сушилки. Однако возможности увеличения давления пара ограничены, так как при этом снижается выработка электроэнергии и экономичность ее производства на турбинах ТЭЦ.

Давление пара, подаваемого на сушку, и разрежение в разгрузочной камере являются в производственных условиях величинами постоянными. Регулирование работы сушилки производится изменением частоты вращения барабана. Частота вращения барабана влияет на продолжительность пребывания угля в сушилке и степень его подсушки, поэтому в производствен-

ных условиях эти возможности регулирования также ограничены установленными нормами содержания влаги в брикетах.

Передача тепла в сушилке от конденсирующегося пара к углю происходит в основном (на 90—95%) при контакте угля с внутренней поверхностью сушильных трубок. Поэтому для повышения производительности трубчатых сушилок необходимо увеличивать заполнение трубок углем по длине сушилки. Это достигается применением вставок в трубках и загрузочных устройств более совершенной конструкции.

Особенностью движения сыпучего материала во вращающейся полой трубке, загружаемой с одного конца, является уменьшение его слоя в направлении к разгрузочному концу трубки. Кроме того, при сушке происходит усадка угольных частиц и уменьшение их объема. Величина усадки и уменьшение объема зависят от свойств угля, стадии его метаморфизма и содержания в нем поверхностной влаги. При сушке молодых бурых углей влажностью 56—58% до влажности сушенки 19—20% объем угля уменьшается почти в 2 раза. С уменьшением объема угля возрастает скорость продвижения его по трубкам. В процессе сушки также вследствие потери поверхностной влаги улучшаются сыпучие свойства угля, что влияет на увеличение скорости движения угля и уменьшение заполнения трубок. При этом более крупные и менее подсушенные частицы быстро скатываются по трубкам вниз и выходят из сушилки недостаточно подсушенными. Таким образом, заполнение трубок по длине сушилки значительно уменьшается, в резуль-

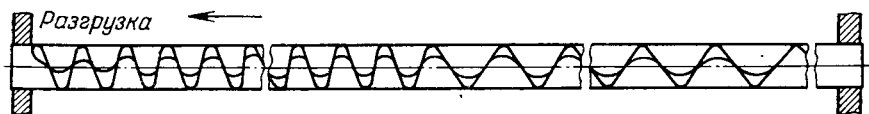


Рис. 25. Спиральная вставка

тате чего сокращается площадь контакта угля с греющей поверхностью и уменьшается количество тепла передаваемого ему паром.

Среднее заполнение трубок углем в трубчатых сушилках доходит до 25—35% их живого сечения. Такое незначительное использование греющей поверхности в трубчатых сушилках указывает на большие возможности увеличения их производительности.

Для торможения движения угля и увеличения заполнения им сушилки трубки снабжаются вставками, изготовляемыми чаще в виде спирали с переменным шагом, убывающим к разгрузочному концу. Имеется много различных конструкций вставок. Наибольшее распространение получили спиральные вставки, которые изготовляются из полосовой стали с полосой шириной 20 мм и толщиной 5 мм (рис. 25). Шаг спирали в начале трубки 300—

350 мм, а к концу — 150 мм. Наружный диаметр спиральной вставки делается на несколько миллиметров больше внутреннего диаметра сушильных трубок. При установке в трубки вставки под влиянием упругих сил плотно прижимаются к их внутренней поверхности.

Заполнение трубок сушилки углем зависит от количества материала, поступающего в трубки при разовых загрузках. Уголь из разгрузочного устройства засыпается в трубки сушилки под влиянием силы тяжести. Количество поступающего в трубки угля в каждую разовую загрузку зависит от его сыпучих свойств. Многолетний опыт эксплуатации трубчатых сушилок показал непригодность для загрузки сушилок углем каких-либо питателей с механическим принуждением.

Сыпучие свойства угля в большой степени зависят от содержания в нем поверхностной влаги, с увеличением которой сыпучесть угля резко ухудшается.

Для увеличения поверхности нагрева и производительности сушилок на фабриках ГДР стали применять трубки меньшего диаметра при одновременном увеличении частоты вращения барабана. Уменьшение диаметра трубок со 102—108 до 75—83 мм дает возможность увеличить производительность сушилок до 20%.

Процесс сушки материала улучшается, если водяные пары быстро удаляются потоком воздуха. Для увеличения количества воздуха, проходящего по трубкам, стремятся лучше герметизировать разгрузочную камеру сушилки. Для уменьшения подсосов воздуха в разгрузочную камеру зазор между стенкой камеры и вращающимся кожухом барабана уплотняют. Для выпуска сушенки между воронкой разгрузочной камеры и сборным конвейером устанавливают шлюзовые или шнековые затворы.

Основные параметры сушки бурых углей в паровых трубчатых сушилках

Влажность, %:	
сырого угля	50—60
сушенки	20—22
Крупность угля, мм	0—6
Время пребывания угля в сушилке, мин	20—25
Давление избыточное греющего пара, кгс/см ²	3—5
Температура, градусов:	
пара	160—180
сушенки	80—90
паровоздушной смеси после сушилки	101—106
Напряжение поверхности нагрева сушилки, кг/(м ² ·ч)	5—6,5
Расход на испарение:	
влаги, ккал/кг	700—800
пара, кг/кг	1,4—1,5
Количество пыли, улавливаемой в электрофильтрах, %	6—12
Влажность пыли из электрофильтров, %	8—10
К. п. д. электрофильтров, %	98—99

§ 5. Правила эксплуатации паровых трубчатых сушилок

Паровые трубчатые сушилки работают под давлением и подлежат периодическим испытаниям и регистрации в инспекции Котлонадзора СССР. Давление пара, поступающего в сушилку, не должно превышать установленной нормы.

Паровые сушилки на брикетной фабрике являются наиболее опасными агрегатами по возникновению пожаров и взрывов угольной пыли. Наибольшая опасность загорания и вспышки пыли возникает в периоды пуска и остановки сушилки и перебоев в подаче в нее угля.

Для обеспечения нормального режима сушки угля трубчатая сушилка должна быть оборудована контрольно-измерительными приборами, показывающими давление пара и конденсата, расход пара, температуру паровоздушной смеси, разрежение в борове сушилки.

Признаком нормальной работы сушилки является соответствие показателей приборов установленному режиму сушки по расходу пара и температуре паровоздушной смеси. Снижение потребления пара сушилкой указывает на уменьшение или прекращение поступления угля в сушилку, в результате чего создаются более благоприятные условия сушки в трубах и уголь пересыхает, что сопровождается одновременным повышением температуры сушенки и паровоздушной смеси.

Температура сушенки не должна превышать 85—95° С, а температура паровоздушной смеси — 105° С. Температура сушенки и температура паровоздушной смеси находятся в однозначной зависимости. Температура паровоздушной смеси легко контролируется, ее повышение указывает на недогруз сушилки, пересушку угля и увеличение температуры сушенки и угольной пыли.

Пересушка угля может вызвать загорание пыли в трубах, в разгрузочной камере и в шахте электрофилтра. Повышение температуры паровоздушной смеси указывает также на снижение концентрации водяных паров в смеси, в результате которого может возникнуть пробой электрического поля в электрофилтре и вспышка угольной пыли.

Перед пуском трубчатой сушилки необходимо убедиться в отсутствии очагов огня в сушильных трубах и камере разгрузки, закрыть вентиль для спуска конденсата в бак с противодавлением, открыть вентиль воздушника, отрегулировать подачу масла в подшипники цапф барабана, пустить барабан на холостой ход на пониженных оборотах, включить подачу пара до нагрева барабана. Во избежание возможных деформаций нагрев сушилки производится постепенно, в течение 3—4 ч. Подача пара в сушилку должна регулироваться так, чтобы весь пар конденсировался в барабане без выхода его в воздушник. После вытеснения воздуха из барабана вентиль воздушника закрывается и откры-

вается вентиль отвода конденсата в бак без давления. Нагрев сушилки продолжается.

При достижении избыточного давления в барабане 1 кгс/см^2 в камеру разгрузки подается защитный пар. При избыточном давлении в сушилке $2,5 \text{ кгс/см}^2$ начинается постепенная загрузка сушилки углем, для чего необходимо предварительно включить систему обеспыливания конвейеров сушенки, конвейеры сушенки, механизмы встряхивания электрофильтров, конвейеры пыли из электрофильтров, открыть шибер и включить шлюзовые затворы под камерами разгрузки барабанов, переключить шибер стока пыли с электрофильтров на пылевой конвейер. После достижения нормальных для данной сушилки показателей расхода пара произвести включение электрофильтров, закрыть вентиль отвода конденсата в бак без давления и открыть вентиль в бак под давлением, закрыть вентиль подачи пара в разгрузочную камеру сушилки.

При работе сушилки необходимо следить за нормальным поступлением угля в сушилку и заполнением сушильных трубок, за показанием контрольно-измерительных приборов (давлением пара и его расходом, температурой паровоздушной смеси), действием смазочной системы, за температурой подшипников и наличием угля в бункере сушилки.

При остановке сушилки необходимо: переключить сток конденсата в бак без давления; постепенно перекрыть паровой вентиль, не прекращая подачу угля в сушилку; отключить электрофильтр при снижении избыточного давления пара до 2 кгс/см^2 ; прекратить подачу угля в сушилку; закрыть вентиль подачи пара в сушилку; пустить защитный пар в разгрузочную камеру и электрофильтр и прекратить его подачу через 15 мин после полного сброса давления пара в сушилке; переключить шибер электрофильтра на шламопровод; полностью освободить сушилку от угля; выключить привод сушилки; открыть дверцы камеры разгрузки и удостовериться в отсутствии очагов огня; открыть вентиль воздушника и прекратить смазку подшипников.

При обнаружении загорания угля в сушильных трубках или в шахте электрофильтра, сильного стука в узлах сушилки, прекращения поступления масла на подшипники сушилки, неисправностей электродвигателя при аварийной остановке технологической цепи аппаратов фабрики производится аварийная остановка сушилки.

В случае аварийной остановки необходимо выключить приводной двигатель сушилки, подать в камеру разгрузки защитный пар, прекратить подачу пара в сушилку, переключить сток конденсата на бак без давления, перевести спуск пыли из электрофильтра на шламопровод, остановить шлюзовой затвор на тече пыли из электрофильтра, открыть вентиль воздушника.

При внезапном прекращении поступления угля в сушилку необходимо немедленно подать защитный пар в камеру разгрузки и

принять меры к загрузке сушилки. Если в течение 5—7 мин не представляется возможным загрузить сушилку, необходимо прекратить в нее подачу пара.

§ 6. Паровая тарельчатая сушилка

Паровая тарельчатая сушилка (рис. 26) состоит из ряда горизонтально расположенных одна над другой полых кольцеобразных тарелок 1, обогреваемых изнутри паром под избыточным давлением 3—3,5 кгс/см². Число тарелок в сушилке доходит до 34.

Каждая тарелка периферийной частью свободно лежит на полках-кронштейнах 2, укрепленных на четырех вертикальных колоннах 3.

В центральной части сушилки проходит вертикальный вал 4, который с помощью конической зубчатой передачи 5 соединен с приводом сушилки. На другом конце вала над верхней тарелкой расположен питатель 6, состоящий из центрального диска с которого с помощью насаженного на вал скребка уголь сгребается на верхнюю тарелку. На валу в кольцеобразном пространстве над каждой тарелкой закреплены крестовины 7, к концам которых привинчены штанги 8 со скребками 9. Скребки на каждой тарелке устанавливаются под определенным углом таким образом, что при вращении вала каждый скребок движется по окружности и сгребает уголь по тарелке. В результате совместного действия скребков уголь на тарелке постепенно перемещается от центра сушилки к периферии или наоборот в зависимости от угла расположения скребков на тарелке. Сырой уголь из бункера сушилки питателем подается в центральную часть верхней тарелки и скребками перемещается к ее периферии, затем через окна 10 у кромки тарелки сбрасывается на нижнюю тарелку, движется по ней в обратную сторону и, дойдя до внутренней кромки тарелки, проваливается через окна на следующую тарелку и т. д. Таким образом, уголь проходит по всем тарелкам, подсушивается и с нижней тарелки через шлюзовой затвор поступает на скребковый конвейер и направляется на охлаждение и прессование.

Для уменьшения неравномерности сушки крупных и мелких классов угля одна из тарелок, расположенная на $\frac{1}{3}$ высоты сушилки, сделана в виде сита. Кроме того, посередине штанг устанавливаются валки-бегуны 11 для измельчения крупных частиц угля. Поступающие на эту тарелку через центральные окна подсушенные до заданной влажности угольная мелочь и уголь, измельченный бегунами, проваливаются на нижерасположенную тарелку, на которой скребки установлены так, что с внутренней половины тарелки уголь перемещается к центру, а с другой половины — к периферии. Просеянная мелочь перемещается по этой тарелке к центру и через вращающуюся воронку 12 сбрасывается на нижнюю тарелку. Крупный неизмельченный после бегунов уголь сбрасывается на периферийную часть нижележащей тарел-

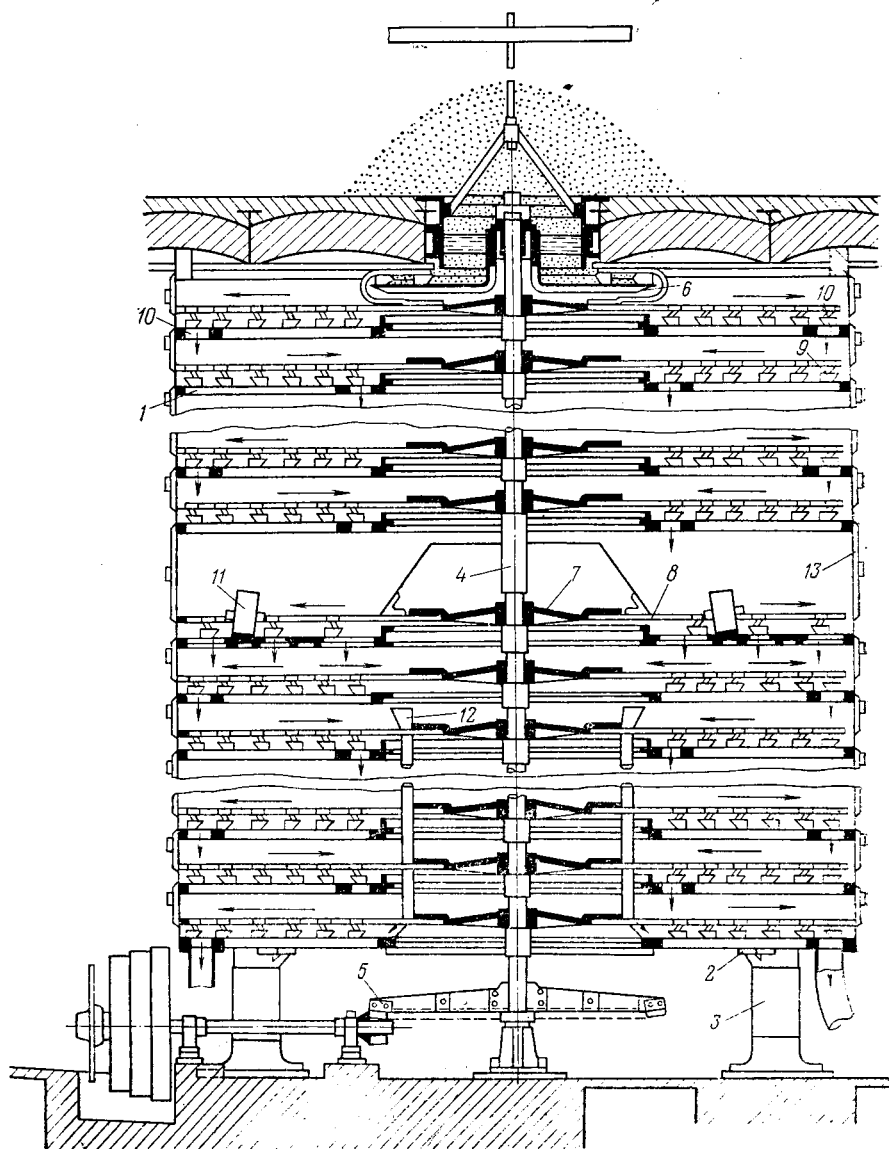


Рис. 26. Паровая тарельчатая сушилка

ки и затем проваливается в окна на следующую тарелку, проходит по остальным тарелкам и досушивается. Каждая тарелка снаружи и изнутри обтянута кольцом из полосовой стали, выступающим в виде бортов над поверхностью тарелки на 100—120 мм и предохраняющим уголь от высыпания с тарелки.

Снаружи сушилка имеет металлический кожух 13 с дверцами по сторонам. Во время работы дверцы приотрываются для поступления воздуха в сушилку. Сбоку по всей высоте к сушилке примыкает вертикальный желоб, переходящий в вытяжную трубу, в верхней части которой расположен электрофильтр для улавливания угольной пыли, уносимой из сушилки с паровоздушной смесью.

К колошам сушилки крепятся парораспределительные и конденсаторные гребенки для подачи в тарелки пара и отвода конденсата. У сушилок с тарелками диаметром 3800 мм последние составляют из двух полутарелок с двумя диаметрально расположенными гребенками для подачи пара и отвода конденсата. Тарелки у сушилок большего диаметра составляют из четырех секторов.

Тарелки изготовляют сваркой из листовой стали толщиной 8—10 мм. Внутри полутарелки или сектора располагаются направляющие полосы для лучшего распределения пара по площади.

Интенсивность испарения влаги из угля не одинакова и убывает к концу сушки. Поэтому количество потребляемого углем тепла в верхних тарелках больше, чем в нижних. Для получения оптимальных условий процесса тарелки сушилки по высоте группируются в несколько секций. Свежий пар подается в верхнюю секцию, в которую входит около половины количества тарелок и, пройдя их последовательно, частично конденсируется, а затем, освоившись от конденсата, в таком же порядке проходит нижние, более малые секции.

Технические характеристики тарельчатых сушилок

Диаметр, мм:			
наружный	3800	5000	5500
внутренний	1600	2000	2000
Высота сушилки, мм	7830	9180	9980
Число тарелок	26	32	34
Поверхность нагрева, м ²	240	520	680
Производительность по сушенке, т/ч	2,2	4,8	6,2
Частота вращения вала сушилки, об/мин	5—7	4—6	4—6
Мощность электродвигателя, кВт	12	20	26
Время пребывания угля в сушилке, мин	20—25		
Общая масса, кг	70	139	189

Удельная производительность тарельчатых сушилок по испаряемой влаге выше, чем у трубчатых сушилок, и доходит до 9—12 кг/(м²·ч).

Производительность тарельчатой сушилки зависит от поверхности нагрева, правильного регулирования подачи пара по секциям и равномерного распределения угля по поверхности тарелок.

Возможность регулирования влагоразности крупных и мелких классов угля в процессе сушки является большим преимуществом тарельчатой сушилки. Однако, несмотря на это, тарельчатые сушилки на новых фабриках не устанавливают, так как металлоемкость и капитальные затраты на строительство тарельчатых сушилок выше, чем на строительство трубчатых сушилок. В конструкции тарельчатых сушилок имеется много подвижных частей, которые быстро изнашиваются, требуют частого ремонта. Опасность загорания угля, особенно у бортов тарелок, и возникновения пожара в тарельчатых сушилках также больше, чем в трубчатых.

§ 7. Газовая сушка угля

Газовая сушка при брикетировании бурых углей применяется главным образом на фабриках небольшой производительности и при брикетировании старых бурых углей влажностью 35—45%. В этом случае общее количество удаляемой из угля влаги значительно меньше, чем при брикетировании мягких бурых углей, и сооружение ТЭЦ является экономически невыгодным. Газовая сушка бурого угля применяется также с целью улучшения влагустойчивости брикетов. Быстрый и более глубокий нагрев улучшает гидрофобные свойства угля и придает брикетам лучшую топротивляемость воздействию влаги.

Сушка угля в трубах-сушилках происходит во взвешенном состоянии. Частицы материала, находясь в потоке газа-теплоносителя, имеющего высокую температуру, в течение очень короткого времени (1—1,5 с) прогреваются, и испарение влаги из угля происходит очень интенсивно.

Имеется несколько схем установок для сушки мелкого угля в трубах-сушилках. На буроугольных брикетных фабриках применяются в основном две схемы сушки угля в трубах-сушилках: без выделения и дополнительного измельчения крупных частиц угля с получением сушенки крупностью 0—6 мм; с выделением крупных частиц и дополнительным их измельчением с последующей досушкой, крупность полученной при этом сушенки 0—3 (0—4) мм.

При брикетировании каменных углей применяется схема подсушки без доизмельчения крупной части угля.

При сушке без дополнительного измельчения крупных частиц (рис. 27) уголь из аккумулирующего бункера 1 питателем 2 равномерным потоком подается в расположенную вертикально трубу-сушилку 3, где подхватывается потоком дымовых газов, создаваемым вентилятором-дымососом и уносится вверх. Дымовые газы для сушки получают в специальной топке и по борovu 4 вводятся в низ трубы-сушилки. Наиболее крупные и тяжелые частицы угля проваливаются через поток вниз и выводятся с помощью шилюзового затвора 5 из сушилки. После додрабливания они посту-

пают с исходным углем на досушку. Парогазо-угольная смесь, пройдя трубу-сушилку, поступает в циклон 6, где подсушенный уголь отделяется от газа и через шлюзовой затвор выводится из сушилки на скребковый конвейер, которым направляется на охлаждение и прессование. Из циклона газовый поток поступает для улавливания мелкого угля в батарейный пылеулавливатель 7 и вентилятором-дымососом 8 выбрасывается в атмосферу или направляется на мокрую очистку в промывной скруббер. Вместо батарейного циклона и мокрой очистки может применяться электрофильтр. Уловленная пыль добавляется к сушенке, направляемой на брикетирование.

Сушке в трубах-сушилках подвергается уголь обычно крупностью не более 13 мм. Интенсивность сушки угля во взвешенном состоянии в трубе-сушилке в значительной степени зависит от размера частиц. Чем меньше частицы, тем быстрее они теряют влагу. Наоборот, крупные частицы двигаются с меньшей скоростью, часть их парит в потоке газа и затем по мере уменьшения массы (веса), вследствие потери влаги, уносятся в циклон.

Несмотря на различное время пребывания в среде теплоносителя, разница в глубине подсушки мелких и крупных частиц угля вследствие скоротечности процесса сушки значительна, она больше, чем при паровой сушке угля.

Температура газа на входе в трубу-сушилку принимается $800-1000^{\circ}\text{C}$, температура паровоздушной смеси на выходе из сушилки составляет около 120°C .

На рис. 28 приведена схема сушки угля в трубе-сушилке с выделением из газового потока в сепараторе крупной части угля и доизмельчением его в молотковой дробилке с последующей досушкой. Сырой уголь крупностью 0—6 мм из бункера 1 питателем 2 подается в трубу-сушилку 3. В верхней части трубы-сушилки расположен сепаратор 4, в котором из газового потока выделяются крупные частицы угля, поступающие затем через шлюзовой затвор 5 в молотковую дробилку 6. Измельченный уголь через шлюзовой затвор 7 возвращается обратно на досушку в трубу-сушилку. Парогазо-угольная смесь из трубы-сушилки поступает сначала в циклон 8, а затем, пройдя вентилятор-дымосос 9, окончательно очищается в электрофильтре 10. Сушенка и пыль из

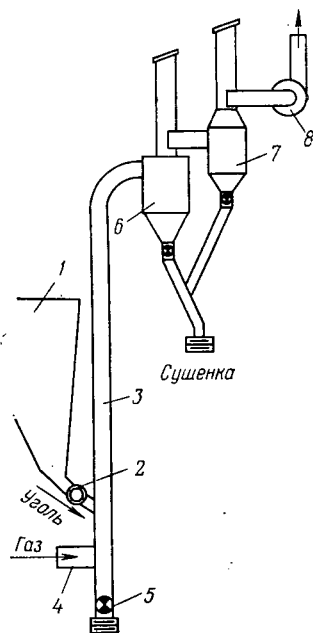


Рис. 27. Схема трубы-сушилки без дополнительного измельчения угля

циклона и электрофилтра через шлюзовые затворы 11 поступают в скребковый конвейер 12 и направляются на прессование.

Трубы-сушилки по сравнению с паровыми и барабанными газовыми сушилками конструктивно более просты, для их сооружения требуются меньшие капитальные затраты. Вследствие кратковременного пребывания материала в сушилке и применения газотеплоносителя высокой температуры эффективность процесса сушки в трубах-сушилках более высокая, чем в барабанных газовых сушилках. Так, напряжение объема сушилки по испаряемой влаге для барабанных сушилок при сушке каменноугольной мелочи составляет 110 кг/(м³·ч), а для труб-сушилок она доходит до 250—300 кг/м³·ч при сушке бурых углей и до 400 кг/(м³·ч) при сушке каменноугольного концентрата.

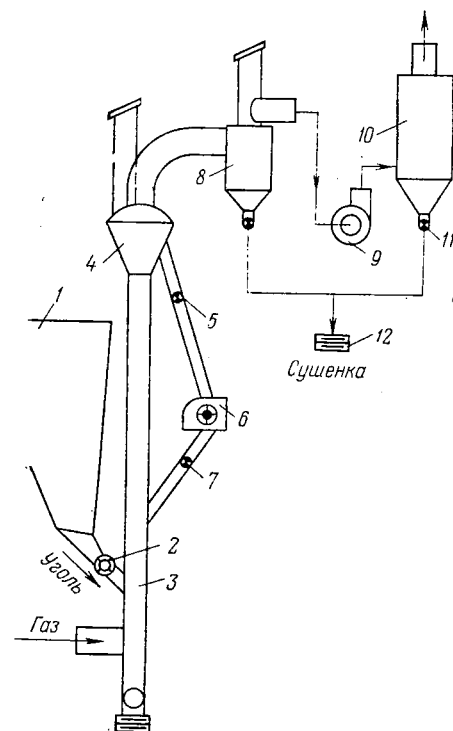


Рис. 28. Схема трубы-сушилки с дополнительным измельчением крупной части угля

Производительность труб-сушилок по сушенке колеблется от 10 до 50 т/ч. Основными недостатками их являются повышенный расход электроэнергии, необходимость более сложного пылеулавливания, повышенный износ сушилки, особенно в местах поворота газового потока, озоление угля уносами золы из топки, ограниченная глубина сушки молодого бурого угля и повышенная опасность производства. В газовых сушилках в отличие от паровых не представля-

ется возможным подсушка молодых бурых углей до влажности сушенки ниже 19 (20%) вследствие возникающих при этом в сушилке всплеск и загораний угля.

§ 8. Расчет сушильного отделения

При паровой сушке угля расчет сушильного отделения сводится к определению требуемой поверхности нагрева в соответствии с количеством испаряемой из угля влаги при принятых параметрах сушки.

Количество воды W т/ч, испаряемой из угля непосредственно в сушилках, определяется по формуле

$$W = (1 + 0,01V_k) \frac{100 - W_2}{100 - W_1} \cdot \frac{W_1 - W_c}{100 - W_c} K,$$

где V_k — суммарная потеря угля и брикетов, % от K ; V_k принимается 3%, из которых 2% приходится на потери с брикетной крошкой, а 1% на потери с неудовленной пылью и шламом; W_1 — влажность сырого угля, %; W_2 — влажность брикетов, %; W_c — влажность сушенки на выходе из сушилки, %; W_c принимается на 2% выше влажности W_2 брикетов; K — производительность фабрики по брикетам, т/ч.

Требуемая поверхность нагрева S для производства K т/ч брикетов определяется по формуле

$$S = \frac{1000W}{24a},$$

где a — удельная производительность по испаряемой влаге с 1 м² поверхности нагрева трубчатых сушилок, определяемая по графику (см. рис. 24) в зависимости от давления греющего пара и разрежения на разгрузочной стороне сушилки.

По заданному давлению греющего пара в правой стороне номограммы определяют температуру его насыщенного состояния, а затем по температуре насыщенного пара и заданному разрежению в конце сушилки определяют удельную производительность или напряжение поверхности сушилки по влаге. Разрежение в разгрузочной камере принимается равным 4—6 мм вод. ст.

Требуемое количество сушилок n определяется по формуле

$$n = \frac{S}{s},$$

где s — поверхность нагрева сушилки, принимаемой к установке.

Учитывая спокойную работу и малый износ паровых сушилок, требуемое количество сушилок принимается без резерва. При кратковременной остановке какой-либо сушилки для получения требуемого количества сушенки увеличивается соответственно нагрузка на другие сушилки.

На фабриках с газовой сушкой количество сушильных установок принимается из расчета одной-двух резервных установок.

Глава VI

СВЯЗУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

§ 1. Общие сведения

Образование брикета со связующим происходит в результате сцепления частиц связующим веществом. Процесс брикетирования состоит из трех стадий:

адсорбции связующего вещества брикетируемым материалом и образования на поверхности частиц тонкой пленки связующего;

прессования шихты;
затвердевания брикета при охлаждении.

Прочность брикета зависит от силы сцепления пленки связующего после затвердевания с поверхностью материала (силы адгезии или прилипания) и прочности самой пленки (силы когезии).

Прочность сцепления частиц зависит от свойств связующего и брикетируемого материала, его крупности, ситового состава, влажности, давления прессования, количества связующего и равномерности распределения его в массе шихты.

С уменьшением крупности частиц прочность сцепления их в брикете возрастает.

При избытке в угле влаги затрудняется прилипание связующего к поверхности частиц и прочность брикетов снижается. При очень сухом угле смачиваемость поверхности частиц связующим ухудшается и его расход увеличивается. Оптимальная влажность, соответствующая наименьшему расходу связующего, определяется опытным путем. Для каменноугольной мелочи она равна 2—4% и значительно повышается для бурых углей (до 20%) в зависимости от их пористости.

Связующее вещество для брикетирования углей должно удовлетворять следующим основным требованиям:

обладать хорошей связующей способностью и придавать брикетам достаточную прочность при его небольшом расходе;

иметь хорошие спекающие свойства и придавать брикетам необходимую термическую устойчивость при горении;

быть устойчивым по отношению к влаге;

быстро затвердевать и придавать брикетам устойчивость в летнее время года;

быть безвредным как при производстве брикетов, так и при их употреблении;

быть недорогим и не усложнять процесс брикетирования;

не увеличивать содержание балласта в топливе и не понижать его теплоту сгорания, быть недефицитным и находиться в достаточном количестве.

Подобрать связующее, полностью отвечающее перечисленным требованиям, является трудной задачей. В литературе известно много попыток использования для брикетирования углей различных материалов, но они не получили постоянного применения, так как не отвечают полностью перечисленным требованиям. Наибольшее применение для брикетирования мелочи каменных углей нашли каменноугольный пек и нефтебитумы.

§ 2. Каменноугольный пек

Связующее представляет собой твердый остаток, получаемый на коксохимических заводах при разгонке каменноугольной коксовой смолы при температуре 350—400° С. Каменноугольный

пек — вещество черного цвета, при нормальной температуре хрупкое с раковистым изломом, плотность 1,25—1,30 г/см³.

Пек обладает хорошими связующими и спекающими свойствами, хорошей горючестью, высокой теплотой сгорания (8000 ккал/кг), малой зольностью (0,2—0,6%) и придает брикетам хорошую механическую прочность и термическую устойчивость при горении.

Каменноугольный пек выпускается двух марок: среднетемпературный с температурой размягчения 65—83° С (по методу «Кольцо и стержень») и высокотемпературный с температурой размягчения 135—150° С. Марка среднетемпературного пека разделяется на пек А и пек Б с температурой размягчения соответственно 65—75 и 75—83° С. С уменьшением температуры размягчения пека хрупкость и дробимость его ухудшаются.

Для брикетирования углей применяется среднетемпературный пек, и присадка его к углю может осуществляться в жидком или твердом измельченном виде.

Применение каменноугольного пека в углебрикетном производстве ограничивается вследствие его канцерогенности и дефицитности. Пек может вызывать воспалительные процессы на коже. Как связующее вещество пек находит широкое применение в других отраслях промышленности, главным образом при производстве электродов для получения алюминия.

Твердый каменноугольный пек вырабатывается в виде гранул диаметром 6—8 мм и длиной 20—30 мм. Доставка пека на брикетные фабрики производится в открытых железнодорожных вагонах.

В теплую погоду при продолжительном воздействии солнечных лучей дробимость пека ухудшается — он размягчается и может слипнуться в монолит. Поэтому поступающий на фабрику пек разгружается в крытый склад.

При работе фабрики на твердом пеке последний перед брикетированием дробится до крупности 1 мм, чаще всего в дезинтеграторах.

При применении пека в жидком состоянии доставка его на фабрику осуществляется в теплоизолированных вагонах-цистернах или при небольшом расстоянии фабрики от коксохимического завода по трубопроводу. Поступающий на фабрику жидкий пек сливается в подогреваемую приемную емкость и затем насосами подается в прессовый цех.

Оценка качества каменноугольного пека производится по температуре размягчения, определяемой по методу «Кольцо и стержень». Эта температура близка к температуре плавления пека, при которой он переходит в капельно-жидкое состояние, в котором связующее хорошо смачивает уголь и легко с ним смешивается. Поэтому для каменноугольного пека показатель температуры размягчения в достаточной степени полно характеризует свойства связующего в состоянии близком к капельно-жидкому состоянию.

Кроме высокомолекулярных соединений, пека содержит свободный углерод, нерастворяющийся в органических растворителях.

Физико-химические свойства пека определяются в основном его групповым составом. При экстрагировании пека толуолом и бензином, которые не содержат ароматических углеводородов, выделяются три основных фракции α , β и γ (табл. 6). Соотношение этих фракций определяет свойства пека при использовании его для брикетирования углей.

Таблица 6

Групповой состав пека, %

Температура размягчения пека, градусов	Фракция			Выход кокса
	α	β	γ	
86,0	29,94	55,0	13,51	37,94
76,0	25,0	30,8	42,6	37,47
72,5	23,1	51,3	24,2	36,98
70,5	22,8	34,8	40,3	36,62

α -фракция — черно-коричневый порошок, который при нагревании до температуры плавления пека не переходит в жидкое или пластическое состояние, спекается при нагревании до 500° С и придает брикетам повышенную термическую стойкость.

β -фракция — твердая хрупкая масса, которая при нагревании до 90° С размягчается, а при температуре 110° С плавится и обеспечивает механическую прочность получаемых брикетов.

γ -фракция — мягкая масса, коричневого цвета, плавящаяся при 10—20° С; в полученных брикетах обеспечивает смачиваемость поверхности угольных частиц пеком.

§ 3. Нефтебитумное связующее

Нефтяной битум — сложное высокомолекулярное вещество, получаемое из тяжелых остатков переработки нефти. Нефтяной битум получают главным образом окислением кислородом воздуха гудронов и крекинг-остатков при температуре 230—250° С. Качество битума и его свойства зависят от перерабатываемой нефти и условий окисления.

Для получения битумов используются остатки переработки смолистых нефтей. Парафинистые и малосмолистые нефти непригодны для получения битумов. Парафины при окислении не образуют смолы и придают битумам хрупкость.

Нефтяные битумы имеют широкий интервал температуры перехода из жидкого состояния в твердое. В зависимости от температуры нефтебитум может быть в твердом, полутвердом и жидком состоянии. Физические и структурно-механические свойства

его в производственных условиях оцениваются стандартными показателями: температурой размягчения, пенетрацией и дуктильностью.

Температура размягчения — это степень нагрева битума, при которой он переходит в капельно-текучее состояние. Она определяется у битумов по методу «Кольцо и шар» (КШ).

В отличие от каменноугольного пека принятый метод оценки качества нефтебитума по температуре размягчения является недостаточным для характеристики нефтебитума как связующего при брикетировании углей и его реологических свойств при повышенной температуре. Температура размягчения характеризует свойства битума, находящегося между твердым и жидким состоянием. Температура размягчения всегда ниже температуры плавления и зависит от свойств материала. Эта разница у каменноугольного пека небольшая, поэтому его свойства могут быть охарактеризованы показателем температуры размягчения. У нефтебитумов эта разница значительная и может достигать до 35°C , поэтому показатель температуры размягчения не характеризует действительное состояние битума. При этой температуре битум еще не находится в капельно-жидком состоянии и плохо смешивается с углем. Правильнее анализ свойств нефтебитумного связующего производить по температуре плавления.

Пенетрация — это глубина проникновения стандартной иглы в битум при определенной температуре и давлении, которая характеризует его твердость и консистенцию. Чем меньше показатель пенетрации, тем тверже битум.

Дуктильность, или растяжимость — это способность битумов вытягиваться в нить при определенной температуре. Чем выше дуктильность, тем лучше клеящие и вяжущие свойства битума.

Нефтяные битумы — это смесь высокомолекулярных веществ, в состав которой входят различные углеводороды, их сернистые, кислородные и азотистые соединения, соединения с металлами и др.

Свойства битума зависят от его группового химического состава, под которым понимают соотношение в битуме групп родственных веществ, обладающих определенными химическими, физическими и физико-химическими свойствами. Различают три основные группы веществ, определяющие свойства нефтебитумов: масла, смолы и асфальтены.

Масла — это высокомолекулярные углеводороды различных классов молекулярным весом 450—600. Они придают битумам подвижность, текучесть и понижают их твердость. При окислении битумов часть масел переходит в смолы, и твердость битума возрастает. В битумах, применяемых для брикетирования углей, содержание масел должно быть не более 40%.

Смолы — полужидкие и текучие высокомолекулярные вещества молекулярным весом выше 500, хорошо растворимые во всех

нефтяных углеводородах, нефтяных маслах, бензине. Они образуют с ними истинные растворы. Смолы придают битуму пластичность и растяжимость, являются носителем эластичных свойств. При окислении смолы переходят в асфальтены. Смолы полимеризуются в асфальтены также при нагревании в отсутствии воздуха.

Асфальтены — это наиболее сложная и тяжелая часть битума. В чистом виде представляют собой неплавкий порошок черно-бурого или черного цвета плотностью более 1 г/см^3 и молекулярным весом от 1600 до 6000.

Асфальтены нерастворимы в петролейном эфире, но легко растворимы в бензоле и его гомологах, сероуглероде и хлороформе. Они образуют с ними, в отличие от смол, коллоидные растворы. Асфальтены являются важным компонентом в битумах, используемых для брикетирования углей, так как придают им твердость, тугоплавкость, вязкость и спекающую способность.

Содержание асфальтенов в битуме зависит от качества нефти. Нефти, содержащие незначительное количество ароматических углеводородов и смол, дают битумы с малым содержанием асфальтенов. Наоборот, битумы из смолистых нефтей, содержащих повышенное количество ароматических углеводородов и смол, содержат большое количество асфальтенов.

На нефтеперерабатывающих заводах нефтебитумы вырабатываются для дорожных и строительных целей марок I, II, III (жидкие и полутвердые) и IV, V (твердые). Для брикетирования углей могут быть использованы марки III, IV и V (табл. 7).

Таблица 7

Характеристики строительных и дорожных нефтебитумов

Показатели	Марка нефтебитума		
	III	IV	V
Плотность, г/см^3	1	1	1
Пенетрация, мм	41—70	20—40	5—20
Дуктильность не менее, см	40	3	1
Температура, градусов:			
размягчения, не ниже	50	70	90
вспышки по Бренкену, не ниже	200	230	230
воспламенения	—	240—250	—
Коэффициент теплопроводности при $t=150 \div 200^\circ \text{C}$, ккал/(м·ч·градус)	—	0,1—0,104	—

Свойства нефтебитума зависят от продолжительности окисления.

Окисление битума начинается при температуре $180\text{—}200^\circ \text{C}$ и протекает с выделением тепла. С увеличением времени окисления, количества пропускаемого воздуха, температуры процесса скорость окисления и твердость битума возрастают.

В промышленных условиях получение битумов осуществляется в периодически действующих окислительных кубах, представляющих собой металлические цилиндрические резервуары высотой 7—8 м и емкостью 300—400 т. В нижней части куба расположена система труб с отверстиями, через которые от компрессора подается атмосферный воздух. Куб заполняется гудронами или крекинг-остатками, нагретыми до 220—230°, и в него подается воздух. Пузырьки воздуха, барботируя через слой горячих нефтеостатков, окисляют их в битум. Процесс окисления длится 20—30 ч в зависимости от марки получаемого битума.

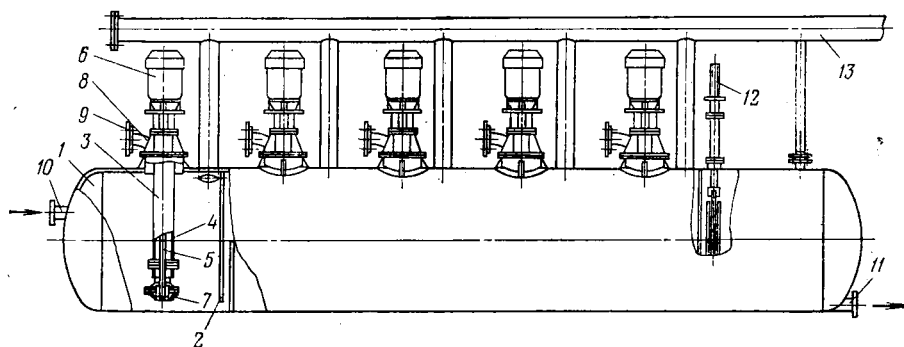


Рис. 29. Реактор с бескомпрессорным методом окисления битума

Спекающая способность нефтебитумов оценивается коксовым числом, или числом Конрадсона. Для брикетирования неспекающихся углей необходимо, чтобы коксовое число нефтебитумного связующего было не ниже 35%. Величина коксового числа зависит от содержания в битумах асфальтенов, количество которых, в свою очередь, зависит от содержания асфальтенов и смол в исходной нефти и режима окисления. С повышением температуры и соответственно скорости процесса окисления количество асфальтенов и коксовое число нефтебитума возрастают. Поэтому получение нефтебитума для брикетирования углей должно осуществляться из смолистых нефтей и при повышенной температуре окисления (280—325° С).

Осуществлять процесс окисления битума при температуре 280—325° С в обычных периодически действующих кубах не представляется возможным вследствие образования в битуме при температуре выше 280° частичек кокса, которые осаждаются на стенках куба и трубопроводах и закоксовывают их.

В последнее время для получения нефтебитума в нашей стране созданы непрерывно действующие окислительные реакторы с подачей воздуха по бескомпрессорному способу. Реактор представляет собой горизонтально расположенный цилиндрический резервуар 1 объемом 60 м³ (рис. 29), разделенный внутри сдвоенными перегородками 2 на отдельные секции. Верхняя перегородка

ка не доходит до дна, а нижняя имеет высоту только до половины реактора. В результате реактор заполняется жидкостью только до половины его объема и образуется перелив из одной секции в другую с гидрозатвором. Последняя секция является отстойной.

Снаружи в каждую секцию опущены диспергаторы 3, работающие по принципу импеллеров флотационных машин. Диспергатор состоит из полой трубы 4, внутри которой проходит вал 5, соединенный с электродвигателем 6. На конце вала имеется турбинка 7, при вращении которой в трубе диспергатора создается тяга. Воздух через патрубок 8 засасывается в диспергатор и турбинкой разбивается в битуме на мелкие пузырьки. В результате образуется высокодисперсная среда, ускоряющая процесс окисления с максимальным использованием кислорода воздуха. Количество засасываемого воздуха регулируется заслонкой 9. Исходный материал, нагретый до 220—230° С, поступает по трубе 10 в реактор, проходит последовательно его секции и, окисляясь, выходит на другом его конце по трубе 11 в виде готового битума. Выпуск битума и уровень жидкости в секциях реактора регулируются шибером 12. Процесс окисления в реакторе может осуществляться периодически. Для предотвращения излишнего повышения температуры битума в реакторе, вследствие выделения тепла при реакции окисления (от 10 до 60 ккал/кг сырья), в него подается небольшое количество воды, и за счет ее испарения поддерживается требуемая температура.

Выходящая из реактора парогазовая смесь по трубе 13 поступает в циклон, в котором выделяются тяжелые погоны нефтепродуктов, используемые как топливо, а затем смесь во избежание загрязнения атмосферы сжигается в утилизационной топке.

Техническая характеристика реактора

Размеры, мм:	
диаметр	2,4
длина	13,5
Объем, м³:	
общий	60
рабочий	30
Число диспергаторов	5
Давление избыточное в реакторе, кгс/см²	0,02
Производительность по битуму (показатель по «КиШ» 70° С), т/ч	5
Мощность привода, кВт:	
установочная	100
рабочая	62,5
Расход:	
воды на охлаждение, кг/ч	150
воздуха на окисление, л/мин на 1 кг сырья	0,7
Продолжительность окисления, ч	3,5—4
Выход битума, %	95—96

Применяя бескомпрессорный метод окисления и подбирая исходное сырье и режим окисления, можно получить нефтебитум-

ное связующее с заданными свойствами, отвечающими условиям получения брикетов нужного качества.

Нефтебитумное связующее обладает лучшими связующими свойствами, чем каменноугольный пек, и расход его на брикетирование на 30—40% меньше расхода пека.

§ 4. Подготовка шихты со связующим

Подготовка шихты состоит из нескольких операций: составление шихты или дозировка компонентов, предварительное смешение, разогрев шихты и перемешивание ее в нагретом состоянии (гомогенизация), охлаждение перед прессованием.

Составление брикетной шихты является одной из главных операций при брикетировании со связующим. Угольная мелочь и связующее должны поступать на смешение в определенных соотношениях. В случае применения твердого связующего подготовленные к брикетированию угольная мелочь и измельченное связующее поступают в бункера, имеющие внизу дозаторы. В качестве дозаторов часто применяются тарельчатые питатели. Для правильной дозировки тарельчатыми питателями необходимо, чтобы бункера были заполнены не менее чем на одну треть своего объема.

Нефтебитум III и IV марок при нормальных условиях не дробится, его присадка к углю при брикетировании может осуществляться только в жидком виде.

При применении жидкого связующего дозировка угля осуществляется с помощью тарельчатого или какого-либо другого типа дозатора. Подача в заданный поток угля требуемого количества жидкого связующего осуществляется дозировочными кранами при соблюдении постоянного напора связующего в трубопроводе или дозировочными насосами. Предварительное смешение угольной мелочи и связующего осуществляется в одно- или двухвальных шнеках, или шнековых смесителях, или в барабанных смесителях.

Разогрев шихты и окончательное смешение осуществляются в паровых смесителях — малаксерах — при подаче пара непосредственно в шихту.

Прочность брикетов со связующим веществом зависит от равномерности распределения его в шихте, т. е. от полноты обволакивания угольных частиц связующим. Расход связующего зависит от толщины пленки, которая покрывает поверхность частиц угля. На толщину пленки и полноту обволакивания частиц угля связующим влияют вязкость связующего, т. е. температура разогрева шихты в смесителе и время смешения. С повышением температуры разогрева шихты в смесителе прочность брикетов резко возрастает.

Интенсивность нагрева шихты при паровом подогреве зависит от параметров пара, подаваемого в смеситель. Наилучший эффект достигается при применении пара с перегревом на 80—100°. При-

менение влажного пара и пара с малым перегревом кроме недостаточного нагрева шихты приводит к ее переувлажнению, что снижает прочность брикетов.

Основным условием минимального расхода нефтебитумного связующего и получения брикетов хорошего качества является равномерное распределение связующего в брикетируемой шихте перед прессованием, что достигается перемешиванием ее при достаточном разогреве. Избыток битума в брикетах способствует их слипанию в вагонах и при складировании.

На интенсивность смешения жидкого нефтебитумного связующего с углем влияет температура угля поступающего на смешение. При подаче горячего жидкого нефтебитума в холодный уголь образуются комки из угля и связующего. При горячем угле жидкий нефтебитум быстро распределяется в его массе, равномерно покрывая частицы тонким слоем. При достаточном нагреве угля перед смешением со связующим паровой подогрев шихты не требуется.

Нефтебитумное связующее по сравнению с каменноугольным пеком переходит из жидкого состояния в твердое в более широком интервале температур. Поэтому если температура шихты, поступающей из охладительного шнека на валки пресса, при брикетировании с каменноугольным пеком принимается на 10°C выше температуры его размягчения, то при брикетировании с нефтебитумным связующим температура прессуемой шихты должна быть на $5\text{--}10^{\circ}\text{C}$ ниже температуры размягчения связующего. Шихта и готовые брикеты с битумом медленнее отдают тепло, чем с пеком. Поэтому при брикетировании с нефтебитумом требуется более длительное охлаждение шихты перед прессованием и лучшее охлаждение брикетов.

Для получения брикетов требуемого качества необходимо, чтобы нефтебитумное связующее имело температуру размягчения зимой не ниже 70°C , а летом не ниже 80°C .

Пластические свойства шихты, поступающей на прессование, внешний вид и прочность брикетов зависят от содержания в ней связующего вещества. На этом основаны практические методы контроля и автоматический способ регулирования соотношения компонентов в брикетируемой шихте.

При недостатке связующего брикеты имеют очень блестящую, глянцевую поверхность, но при падении рассыпаются. При нормальном соотношении угля и связующего получают плотные брикеты с гладкой слегка блестящей поверхностью, выдерживающие удар при падении. При избытке связующего образуются рыхлые брикеты с матовой поверхностью.

При уменьшении содержания связующего шихта становится более жесткой и расход электроэнергии на ее прессование возрастает. Зависимость расхода энергии на прессование от количества связующего в шихте используется для автоматического контроля и регулирования расхода связующего на брикетных фабриках.

Охлаждение шихты в вальцовом прессе осуществляется в охлаждательном шнеке. Длина охлаждающего шнека у прессов, применяемых для брикетирования с каменноугольным пеком, составляет 1,8—2 м. При брикетировании с нефтебитумом длина охлаждающего тракта должна быть увеличена в 2,5—3 раза.

§ 5. Дозирующе-смесительные установки

Наиболее эффективно процесс подготовки шихты происходит при смешении угля и жидкого связующего в автоматических дозирующе-смесительных установках. Высокий эффект смешения в них достигается добавкой жидкого связующего в распыленном виде в горячий уголь, находящийся во взвешенном состоянии.

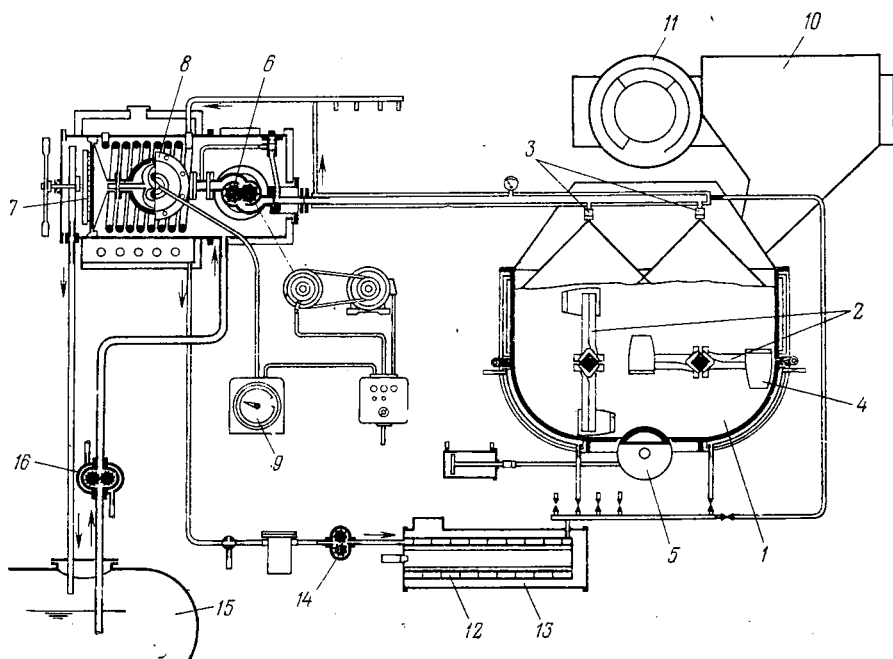


Рис. 30. Автоматическая дозирующе-смесительная установка

Схема дозирующе-смесительной установки фирмы «Вибау» (ФРГ), работающая на Донецкой брикетной фабрике, показана на рис. 30.

Основными узлами установки являются: вихревой смеситель, дозирующее устройство, индикатор-датчик, бункер-весы, система масляного обогрева.

Вихревой смеситель состоит из обогреваемого с помощью масляной рубашки смесительного корыта 1, двух горизонтально рас-

положенных импеллеров 2, вращающихся навстречу друг другу со скоростью 72 об/мин. Над импеллерами расположены две гребенки с форсунками 3 для подачи связующего. Благодаря большой окружной скорости смесительных органов шихта подымается над смесительными лопастями 4 и находится во взвешенном состоянии. Лопасты устанавливаются под таким углом, что взвешенный материал приобретает помимо вертикального движения еще круговое горизонтальное. Это способствует лучшему перемещению частиц и наиболее эффективному их смешению. Готовая шихта выдается с помощью шибера устройства 5 с пневматическим управлением.

Дозирующее устройство представляет собой конструктивно объединенные пасос 6 высокого давления, подающий связующее из расходной емкости в форсунки смесителя, фильтр 7 для очистки связующего от посторонних примесей и ротационный счетчик (расходомер) 8 для замера объема связующего, подаваемого в смеситель на каждую порцию загружаемого угля.

Расход связующего регулируется с помощью установленного снаружи индикатора-датчика 9, который соединен с ротационным счетчиком и имеет суммирующее устройство, фиксирующее общий объем израсходованного связующего. От дозирующего устройства горячее жидкое связующее по битумопроводу направляется к форсункам.

Подача связующего под избыточным давлением 15—20 кгс/см² способствует тонкому распылению его и наилучшему распределению на поверхности частиц угля.

Производительность одного вихревого смесителя 25 т/ч. Для вальцового пресса производительностью 50 т/ч установка имеет два периодически работающих смесителя (один — на смешивании, другой — на выгрузке) и соответственно два дозирующих устройства.

Над смесителями расположены бункер-весы 10 для весовой дозировки угля, загружаемого в смесители. В головке бункер-весов имеется автоматически работающее устройство, управляющее работой загрузочного и разгрузочного шибера обоих смесителей и суммирующее количество загрузок. Головка снабжена циферблатным устройством 11 с двумя стрелками. Одна стрелка показывает количество подаваемого в смеситель угля, другая служит для установки задаваемого количества его.

Для улучшения смешивания связующего с горячим углем, имеющим незначительное содержание поверхностной влаги, и уменьшения его расхода в смеситель подается насыщенный пар.

Масляный обогрев предназначен для поддержания связующего в системе в горячем жидком состоянии. Разогрев масла производится в форсуночной печи 12, работающей на мазуте. Обогрев агрегатов установки осуществляется с помощью масляных рубашек. Нагретое масло из емкости 13 забирается шестеренным насосом 14 и подается в рубашки.

Для связующего имеются две емкости: расходная емкость 15 объемом 3 м³ и емкость объемом 25 м³ для хранения связующего. Они обогреваются также с помощью масляных рубашек. Связующее из расходной емкости подается в систему шестеренным насосом 16.

Для получения сжатого воздуха установка имеет компрессор с масляным фильтром для очистки воздуха.

Подготовка шихты в дозирующе-смесительной установке производится в такой последовательности. Уголь после сушки с температурой 70—90°С поступает в бункер-весы, с которых поочередно направляется в один из смесителей. Затем одновременно включаются импеллеры и начинается подача через форсунки связующего и пара. После подачи в смеситель заданного количества связующего трубопроводы отключаются и одновременно заканчивается процесс смешения шихты. Далее дно смесителя автоматически открывается и готовая шихта выгружается в шнек, транспортирующий ее в чашу брикетного пресса. После окончания разгрузки люк закрывается, в смеситель из бункер-весов подается новая порция угля и процесс подготовки шихты повторяется.

Продолжительность всей операции подготовки шихты в каждом смесителе может регулироваться в пределах 45—58 с.

Точная дозировка компонентов, а также присадка связующего в распыленном виде к углю, находящемуся во взвешенном состоянии, обеспечивают тонкое распределение связующего на поверхности угольных частиц и тем самым способствуют более полному проявлению адгезионных сил связующего, что ведет к значительному снижению его расхода. При брикетировании каменных углей с применением таких смесительных установок расход связующего составляет 5—5,5% и достигается более стабильное качество брикетов, чем при эксплуатации малаксеров или горизонтальных шнековых смесителей.

Расход связующего в значительной степени зависит от температуры угля, подаваемого в смесительную установку. При холодном угле расход связующего составляет 7—7,5%.

Глава VII

КОНТРОЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА И ОХЛАЖДЕНИЕ БУРОУГОЛЬНОЙ СУШЕНКИ

§ 1. Контрольная подготовка сушенки

Механическая прочность и устойчивость буроугольных брикетов при хранении и сжигании или термической переработке в значительной степени зависят от однородности по влаге отдельных классов крупности прессуемой сушенки. Поэтому качество сушки угля определяется не только средним содержанием влаги в подсушенном угле, но и равномерностью распределения ее по отдель-

ным классам. Вследствие различного размера частиц угля подсушка их происходит неравномерно, мелкие частицы пересушиваются, в то время как крупные частицы угля имеют влажность выше среднего значения. Такая неравномерность в содержании влаги неблагоприятно влияет на качество брикетов и устойчивость их при хранении. Крупные более влажные частицы угля при охлаждении брикетов и последующем их хранении теряют влагу и уменьшаются в объеме, мелкие и маловлажные частицы, наоборот, воспринимают часть влаги от крупных частиц и набухают. В результате связь между частицами угля ослабевает, структура брикетов разрушается и прочность их снижается. Это происходит в тем большей степени, чем значительнее неравномерность сушенки по крупности и влагосодержанию.

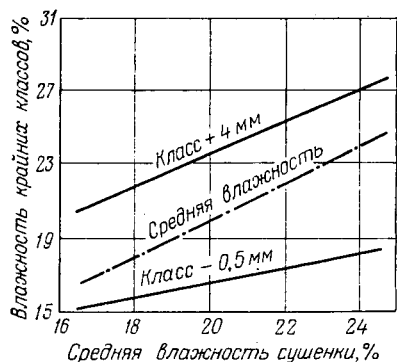


Рис. 31. Зависимость влагосодержания в крайних классах сушенки от средней влажности угля

с увеличением средней влажности сушенки (рис. 31), скорости сушки и интервала крупности, а также содержания в угле крупных классов. Влагоразность сушенки при газовой сушке угля выше, чем при паровой.

Для уменьшения неравномерности влажности крупных и мелких классов сушенку перед ее прессованием подвергают контрольной подготовке, которая заключается в грохочении сушенки и дроблении крупных классов. Иногда применяют увлажнение пересушенной мелкой части сушенки или досушку крупных классов.

Установка для контрольной подготовки сушенки сооружается обычно перед охлаждением сушенки централизованно для всей фабрики или для отдельных сушильных отделений. Грохочение сушенки осуществляется на быстросходных вибрационных двухситных грохотах или на просеивающих скребковых конвейерах. Применение вибрационных грохотов, несмотря на их высокую производительность, делает установку громоздкой, связано с большим пылеобразованием и требует размещения установки в отдельном помещении с самостоятельным обеспыливающим устройством. При наличии в сушенке лигнита вибрационные грохоты забиваются им.

В настоящее время в качестве основного оборудования для контрольного грохочения сушенки рекомендуются просеивающие конвейеры. Они имеют под верхней ветвью днище в виде сита и устраиваются короткими и широкими, чтобы толщина слоя угля не пре-

вышла 100—200 мм. В качестве просеивающей поверхности могут применяться штампованные сита с круглыми, квадратными или щелевидными отверстиями.

Наилучшие результаты получены при ситах со щелевидными отверстиями из латунной проволоки клинообразной или трапециевидальной формы со щелью шириной 3—4 мм, в зависимости от требуемой крупности сушенки.

Скорость цепи конвейера рекомендуется не более 0,25 м/с.

Просеивающие конвейеры работают спокойно, без сотрясений, с незначительным пылеобразованием и подключаются к системе обеспыливания транспортных устройств сушильного цеха, как обычные конвейеры. Сохранение в угле лигнина не вызывает затруднений в их работе. Часто осуществляется комбинация просеивающего конвейера со сборным после сушилок устройством у сборного конвейера просеивающего днища под верхней цепью. Такая комбинация упрощает и удешевляет установку.

На современных фабриках для контрольного дробления сушенки устанавливают молотковые дробилки облегченной конструкции с решеткой производительностью от 10 до 50 т/ч. Регулировка крупности дробления осуществляется установкой решеток с отверстиями необходимого размера. Решетки в виде штампованного сита применяются с отверстиями отальной формы размером от 3×25 до 6×30 мм и с квадратными отверстиями размером 6×6 до 10×10 мм.

Перед молотковой дробилкой рекомендуется устанавливать магнитный сепаратор для улавливания металлических предметов.

Молотковые дробилки не подключаются к системе обеспыливания. Для них предусматриваются выводные в атмосферу трубы с предохранительными клапанами. Для герметичности загрузка и разгрузка дробилки производятся через шлюзовые затворы.

Несмотря на высокую насыщенность пылью воздуха в дробилке и возможность появления искры, взрывы в них не наблюдаются вследствие большой скорости движения воздуха в дробилке при окружной скорости ротора около 30 м/с.

В последнее время для измельчения сушенки широкое применение находит дробилка отражательного действия, называемая тарельчатой мельницей (завод «Цемаг», ГДР). Дробилка (рис. 32) состоит из разъемного сварного корпуса 1, в котором на вертикальном валу 2 вращается горизонтальная отбойная тарелка 3.

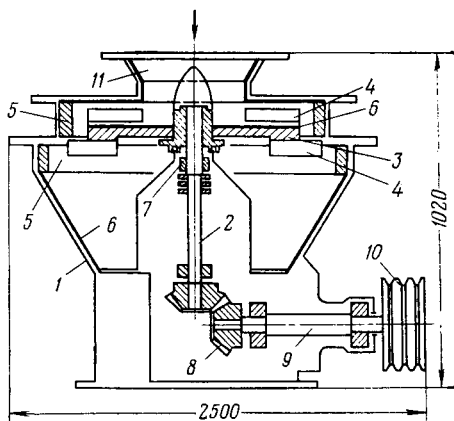


Рис. 32. Тарельчатая мельница

На периферии верхней и нижней плоскостей тарелки закреплены по четыре била 4, смещенных относительно друг друга на 90°. Против бил на корпусе дробилки расположены ударные верхний и нижний отбойные венцы 5. Внутренняя поверхность корпуса дробилки и верхняя поверхность тарелки покрыты износостойчивым материалом 6. Вал тарелки вращается в двух подшипниках качения 7 и приводится во вращение с помощью конической передачи 8 от приводного вала 9. Привод вала осуществляется клиноременной передачей через шкив 10.

Исходный материал поступает в дробилку через верхнее центральное отверстие 11 на вращающуюся тарелку и под влиянием центробежной силы скатывается к ее периферии, ударяется билами и отбрасывается на верхний отбойный венец. После удара о венец материал падает вниз и ударяется нижними билами, отбрасывается и ударяется о нижний отбойный венец, а затем, провалившись в нижнюю коническую часть кожуха, выходит из дробилки.

Дробилка применяется для измельчения сухих твердых материалов с исходной крупностью частиц до 30 мм. Подбор необходимой степени измельчения производится изменением частоты вращения тарелки при перестановке клиноременного шкива.

Техническая характеристика дробилки отражательного действия

Диаметр, мм:	
тарелки	700
окружности вращения нижних бил	850
отбойного венца верхнего	750
то же, нижнего	890
Частота вращения тарелки, об/мин	От 700 до 1000
Мощность двигателя, кВт	32
Габаритные размеры, мм:	
длина	2050
ширина	1250
высота	1020
Масса, кг	1770

§ 2. Охлаждение сушенки

Охлаждение сушенки перед прессованием производится до температуры 35—40°С и применяется обычно на фабриках, производящих брикеты из молодых бурых углей для энергетических целей.

Уголь по выходе из сушилки имеет температуру 80—90°С и продолжает выделять влагу, причем выделение влаги особенно интенсивно при подсушке угля до влажности выше гигроскопической (16—17%).

При прессовании неохлажденной сушенки увеличивается упругость водяных паров внутри брикета и выделение паров наружу ведет к образованию в брикетах мелких трещин, что снижает

их прочность. Кроме того, образующиеся из сушенки водяные пары могут повлечь образование конденсата на стенках оборудования и нарушить нормальный процесс брикетирования.

Охлаждение сушенки и охлаждение брикетов — взаимосвязанные процессы. Температура брикетов на выходе из пресса зависит от температуры сушенки. При недостаточном охлаждении сушенки требуется более длительное охлаждение брикетов. Затраты же на сооружение и эксплуатацию охладительной установки для брикетов значительно больше, чем затраты для охлаждения сушенки.

Охлаждение сушенки благоприятно сказывается на процессе прессования и качестве брикетов: создается большая сила трения в канале штемпельного пресса, а следовательно, и повышенное давление прессования, что дает возможность прессовать уголь с меньшим букелем и иметь меньший износ пресс-форм. При охлаждении сушенки вследствие дополнительного испарения влаги (от 1,5 до 2,5%) уменьшается нагрузка по испаряемой влаге на сушильное отделение. В результате более интенсивной отдачи влаги менее просушенными крупными классами несколько выравнивается влагосодержание крупных и мелких классов сушенки, что улучшает качество брикетов.

При производстве брикетов из молодых бурых углей для технологических целей или из старых бурых углей охлаждение сушенки не производится. Повышенная температура угля при прессовании компенсирует ухудшение пластических свойств, вызванное глубокой подсушкой угля.

По способу охлаждения сушенки и конструктивным особенностям охладительные устройства, применяемые на брикетных фабриках, разделяются на две группы:

- с охлаждением в слое (охладительные скребковые конвейеры со сплошным дном, жалюзийные охладители);

- с охлаждением во взвешенном состоянии (барабанный охладитель, скребковые конвейеры с просеивающим дном, охладительные конвейеры с кипящим слоем).

Охлаждение в слое требует значительно больше времени и воздуха для охлаждения, а следовательно, и размера установки. Поэтому установки с охлаждением в слое имеют худшие технико-экономические показатели, чем установки с охлаждением во взвешенном состоянии.

Охладительный конвейер состоит из широкого кожуха, в котором движутся скребки в виде отдельных узких пластин, насаженных на ось скребка с промежутками таким образом, чтобы пластины на оси одного скребка были сдвинуты на половину размера промежутков между пластинами на осях соседних скребков, что обеспечивает лучшее перемешивание угля.

Охлаждаемая сушенка проходит верхнюю и нижнюю ветвь конвейера и выходит через разгрузочный желоб. Воздух для охлаждения засасывается вентилятором через отверстия в боковых стенках кожуха, пройдя конвейер в поперечном направлении

он отсасывается и вследствие малой запыленности направляется в вентиляционную магистраль. Пыль, образующаяся главным образом в местах перегрузки сушенки на звездочках конвейера, отсасывается в систему обеспыливания транспортных устройств сушильно-прессового цеха.

Скорость передвижения цепи регулируется с помощью вариатора.

Показатели работы охладителя

Производительность, т/ч	До 30
Температура, градусов:	
поступающего угля	70
охлажденного угля	48—50
охлаждающего воздуха	20
Скорость движения ленты, м/с	0.25
Максимальная толщина слоя угля, мм	120
Поверхность охлаждения, м ²	180
Время охлаждения, мин	12

Нормально на каждые 10 т суточной производительности по сушенке требуется 6,5 м² конвейера для охлаждения ее летом до 40°С.

Охладительные конвейеры монтируются в сушильно-прессовом корпусе на перекрытии между сушилками и прессами. Они просты по конструкции, занимают мало места, имеют меньшую стоимость по сравнению со стоимостью жалюзийной установки. Недостатки этих конвейеров: невысокий эффект охлаждения при значительном расходе воздуха; повышенные расход электроэнергии и износ цепи конвейера и направляющих полос.

Охладительные конвейеры являются устаревшим оборудованием и на современных фабриках применяются редко.

Жалюзийный охладитель (рис. 33) состоит из ряда отдельных элементов, выполненных в виде каскадно расположенных железных полос 1, по которым медленно сверху вниз пересыпается сушенка. Между элементами снизу вверх протекает охлаждающий воздух. Горячая сушенка после контрольного грохочения и дробления подается на верх установки и распределяется скребковым конвейером 2 через загрузочные желоба 3 по отдельным охладительным элементам. В нижней части разгрузочная щель каждого элемента перекрывается подвижной заслонкой 4. Концы заслонок крепятся к общей раме, которая тягой эксцентрически соединена с валом привода и образует разгрузочное устройство 5 охладителя.

Привод вала разгрузочного устройства осуществляется от электродвигателя бесступенчато с помощью вариатора 6. Частота вращения приводного вала определяет частоту и продолжительность открывания разгрузочной щели и скорость передвижения угля по жалюзи.

Из разгрузочного устройства охлажденная сушенка поступает

в сборный скребковый конвейер 7, а затем на наклонный конвейер, транспортирующий ее в прессовый цех.

Отработанный воздух через всасывающие патрубки 8 направляется в вытяжную магистраль. Для нормальной работы охлади-

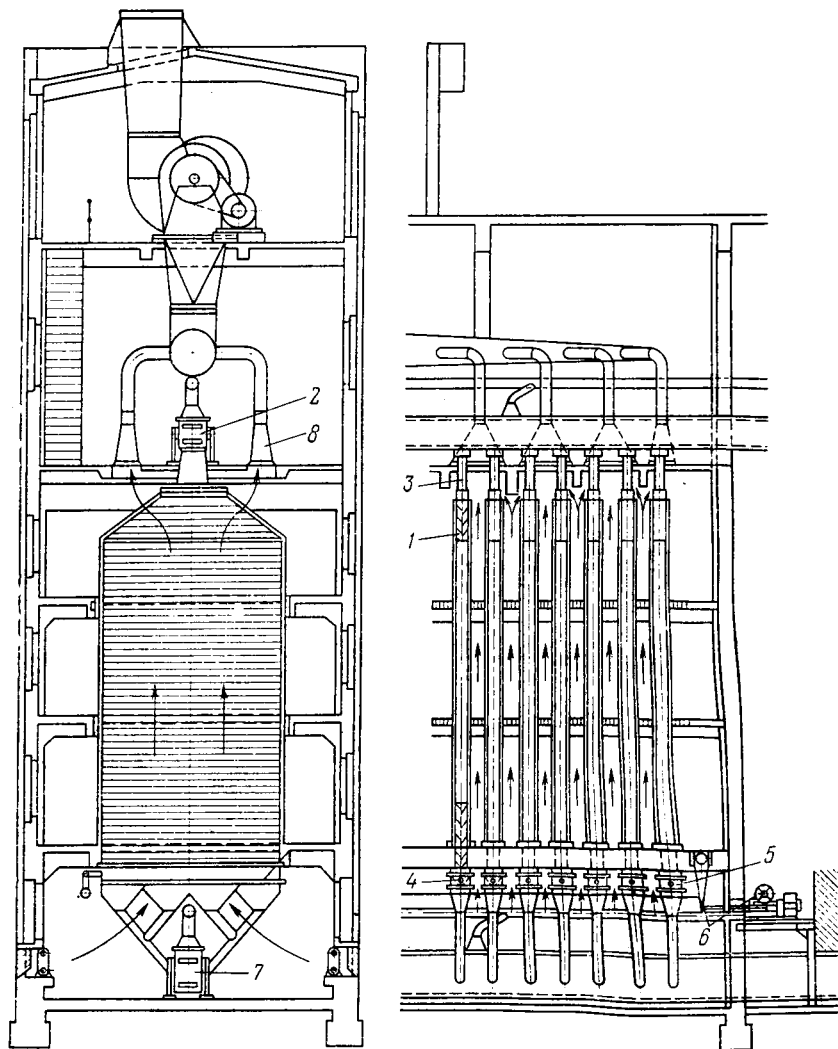


Рис. 33. Жалюзийный охладитель

теля необходимо заполнение сушенкой всех элементов охладителя, иначе жалюзи будут оголяться, и охладитель начнет пылить. Заполнение сушенкой всех элементов достигается соответствующей установкой вариатора. Небольшая часть сушенки, оставшаяся в распределительном конвейере, сбрасывается в конце его в бункер

излишка. При выключении разгрузочного устройства охладитель остается заполненным углем, а горячая сушенка проходит через бункер излишка напрямую.

Жалюзийные охладители бывают с продольным и поперечным расположением пластин, с естественной и искусственной вентиляцией.

При прохождении горячей сушенки по транспортным устройствам и установкам контрольного дробления и грохочения температура ее перед охладителем снижается до 70° С.

На каждые 10 т суточной производительности по сушенке требуется от 70 до 200 м пластин. Время охлаждения около 30 мин, расход воздуха 200 м³/мин на 1 т часовой при производительности по сушенке 1 т/ч.

Техническая характеристика и показатели работы жалюзийных охладителей при охлаждении сушенки с 70 до 35° С при температуре во духа 20°

Производительность по сухому углю, т/ч	42	95
Размеры охладительного элемента, мм:		
ширина	3600	4060
высота общая	9790	10 140
Число:		
охлаждающих пластин в одном элементе	114	118
элементов в одной установке	30	50
Мощность электродвигателя разгрузочного устройства, кВт	3	4,8
Масса охладителя с разгрузочным устройством, кг . .	87	174

В жалюзийных установках сосредоточивается большое количество сушенки, а образующаяся при работе охладителя тонкая пыль является наиболее опасной, поэтому охладительное отделение располагается в отдельном помещении с самостоятельной системой обеспыливания и сооружается отдельно для каждой секции сушильного цеха.

При нормальной работе охладителя запыленность охлаждающего воздуха незначительная и он не обеспыливается. Воздух, отсасываемый от транспортных устройств и бункера излишка, обеспыливается. Установка сухого и мокрого обеспыливания этого воздуха располагается вне охладительного помещения.

Жалюзийные охладители являются устаревшим оборудованием, имеют малую удельную производительность, требуют большое отдельное помещение и значительных затрат на сооружение.

Емкость бункера излишка сушенки должна обеспечить прием угля при опоражнивании сушилок в случае аварий с механизмами, транспортирующими сушенку после охладительного отделения или в прессовом цехе, а также должна обеспечивать некоторый запас угля для работы прессового цеха при неполадках на пути от сушилок до охладительного отделения. Для компенсации возможных перебоев в работе механизмов, расположенных до прессового цеха, рекомендуется бункер емкостью до 75 т или объемом 130—140 м³ на 1000 т производительности.

Бункера излишка должны иметь вытяжные трубы с откидными клапанами, расположенными на высоте труб вентиляционного устройства охлаждающего отделения.

Количество сушенки, выпускаемой из бункера излишка, регулируется шибером на спускном желобе. Это достигается с помощью шлюзового питателя с несколькими ступенями вращения и производится дистанционно мотористом распределительных конвейеров над прессами.

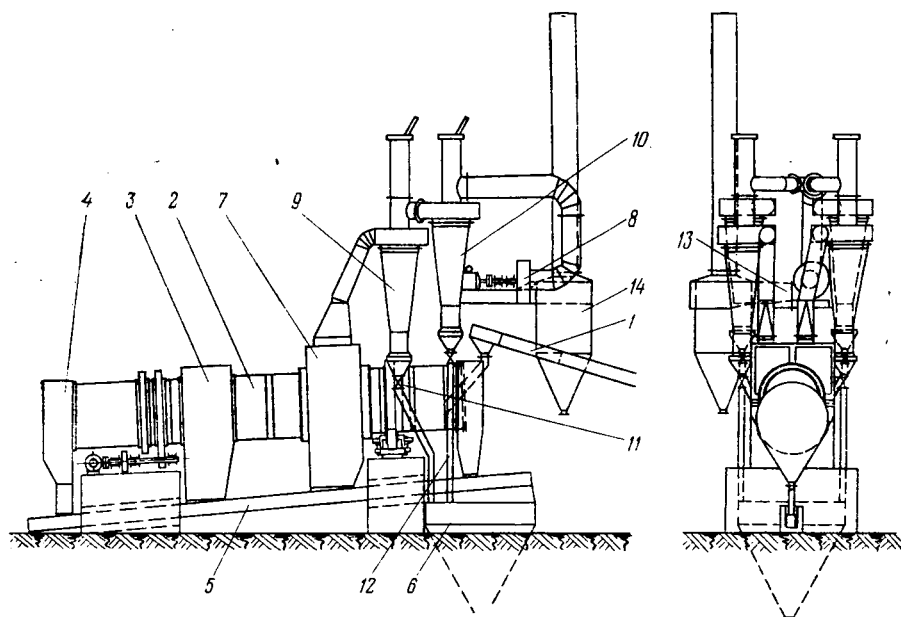


Рис. 34. Барабанный охладитель

Барабанный охладитель по конструкции напоминает барабанную газовую сушилку. Барабан длиной 11—13 м, диаметром до 4 м имеет внутри насадку, расположенную по квадратной системе. Наклон барабана до 4° . Через каждую треть барабана насадка внутри прерывается, образуя полое пространство для отвода воздуха и отсева мелочи сушенки.

Установка с барабанным охладителем показана на рис. 34. Горячая сушенка наклонным скребковым конвейером 1 подается во вращающийся барабан 2, где охлаждается при соприкосновении с холодным воздухом. После прохождения две трети длины барабана быстро охлаждающаяся мелкая сушенка (0—1 мм) отделяется в просеивающем звене барабана 3, а крупная сушенка проходит до конца барабана. Через разгрузочную камеру 4 охлажденная сушенка поступает на сборный скребковый конвейер 5, а затем в промежуточный бункер 6. Воздух для охлаждения по-

ступает через регулируемые жалюзи с торцов барабана и отсасывается через первую полую часть барабана и кожух 7 вентилятором 8. Для очистки от пыли воздух последовательно проходит циклоны 9 и 10. Осажденная пыль через шлюзовые затворы 11 по трубам 12 поступает в бункер 6. Таким образом, воздух и уголь в первой трети барабана проходят в параллельном токе, а в остальной части — в противотоке.

В вентилятор впрыскивается горячая шламовая вода и смесь через диффузор 13 поступает в шламовый сепаратор 14, из которого очищенный воздух выбрасывается в атмосферу.

Кожухи со стороны загрузки, разгрузки и промежуточных камер соединены со сборным конвейером и имеют лабиринтные или войлочные уплотнения.

К. п. д. первого циклона 86—88%, второго 50—60%; мощность электродвигателей установки до 40 кВт (40% мощности приходится на привод барабана и 60% — на привод вентилятора); частота вращения барабана 8 об/мин; время охлаждения сушенки 7 мин; удельный расход воздуха на 1 кг сушенки 0,46 м³/кг; расход электроэнергии 1,75—1,15 кВт·ч/т.

Барабанные охладители сооружают производительностью от 200 до 2400 т/сутки. Для летних условий на 1 т сушенки при охлаждении с 75 до 35°С требуется 900—1000 м³ воздуха и 7—8 м³ объема охладителя на 100 т суточной производительности.

Барабан при нормальной загрузке взрывобезопасен, так как запыленность воздуха внутри него выше верхнего предела взрываемости. Для увеличения безопасности рекомендуется уменьшать по возможности размеры разгрузочных камер. Применение барабанных охладителей на многих зарубежных фабриках показало хорошую эффективность охлаждения и надежную работу. В отличие от жалюзийной установки барабанный охладитель занимает значительно меньше места, не требует отдельного помещения и может располагаться непосредственно в сушильно-прессовом корпусе, в результате чего сокращается длина транспортных устройств.

Вследствие более продолжительного охлаждения крупных классов в барабанном охладителе отпадает необходимость в контрольном грохочении и дроблении сушенки.

Недостаток барабанных охладителей — повышенный расход энергии и потеря угля в виде шлама.

Индивидуальные охладительные конвейеры с кипящим слоем. Основными недостатками вышеописанных охладительных устройств для сушенки являются громоздкость и дороговизна, образование большого количества запыленного воздуха, подвергаемого мокрой очистке, в результате которой уголь теряется в виде шлама.

В настоящее время широкое применение находит более совершенный вид охладителя — скребковый конвейер, работающий с

кипящим слоем и устанавливаемый индивидуально для каждой паровой трубчатой сушилки.

Охлаждающее устройство (рис. 35) состоит из цепного скребкового конвейера длиной 5—6 м и шириной 600 мм, устанавливаемого под разгрузочной камерой сушилки. Верхней, открытой частью конвейер 1 примыкает к низу разгрузочной воронки 2. Обе ветви конвейера являются рабочими и движутся по шпальтовому ситу со щелями шириной 1—1,3 мм. Из сушилки сушенка падает на верхнее сито, и, пройдя его, в конце конвейера пересыпается на нижнюю ветвь и движется в обратную сторону.

Воздух для охлаждения подается под нижнее сито воздухоподводящими камерами 3 от трубопровода 4. Проходя через слой сушенки, воздух создает на верхнем и нижнем ситах кипящий слой материала и эффективно охлаждает сушенку. Затем запыленный воздух поднимается вверх, смешивается с паровоздушной смесью, выходящей из трубок, и поступает на очистку в электрофильтр.

Воздух для охлаждения забирается из помещения сушильного цеха. Расход его составляет 0,25 м³ на 1 кг сушенки. Температура сушенки снижается до 50° С.

Охлажденная сушенка с нижней ветви конвейера через шлюзовой затвор 5 сбрасывается на сборный просеивающий скребковый конвейер 6 со шпальтовым ситом со щелями размером 4 мм. Надрешетный продукт в конце конвейера поступает на дораблывание в дробилку и затем добавляется к общему потоку сушенки.

Индивидуальные цепные охладители очень удобны, имеют небольшие размеры, просты в эксплуатации, не требуют постоянного надзора и имеют небольшой расход энергии.

Характеристика цепного охладителя для трубчатой сушилки с поверхностью нагрева 2220 м²

Размеры, мм]	
общая длина	5240
ширина	660
высота	630
длина верхнего сита	2700
длина нижнего сита	2500
Число воздухоподводящих камер	4

Применение индивидуальных охладителей с очисткой воздуха от пыли в электрофильтрах сушилок упрощает технологию охлаждения сушенки и уменьшает на фабрике число установок с мокрым пылеулавливанием и потери угля в виде шлама.

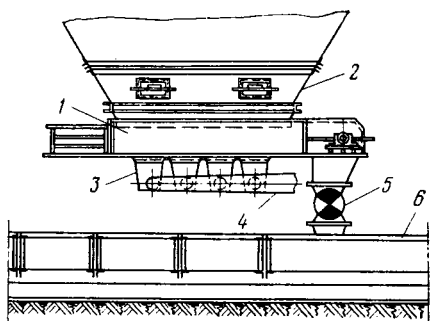


Рис. 35. Скребковый охлаждающий конвейер с кипящим слоем

Глава VIII

ПРЕССОВАНИЕ УГЛЕЙ

Процесс прессования угля является основной технологической операцией при производстве угольных брикетов. Для брикетирования углей применяются штемпельные, кольцевые и вальцовые прессы.

Для брикетирования бурых углей, которое осуществляется без связующих добавок, применяются главным образом штемпельные прессы. Брикеты, получаемые на штемпельных прессах, используются как энергетическое топливо, а также для последующей термической переработки в полукоксовых и коксовых установках. Процесс образования брикета в штемпельном прессе является периодическим и заключается в быстром сжатии движущимся штемпелем порции сушенки в горизонтальном матричном (формовочном) канале, подвижным упором в котором служит торцевая поверхность предыдущего брикета. Давление прессования, развиваемое в штемпельном прессе, зависит от свойств прессуемого материала и условий работы пресса и составляет от 800 до 1200 кгс/см².

Для получения из мягких бурых углей более плотных и прочных брикетов в целью последующей их переработки в полукоксовых печах на некоторых зарубежных брикетных фабриках имеются установки с кольцевыми прессами. Процесс брикетирования на кольцевых прессах заключается в прокатывании тонко измельченного материала между эксцентрично расположенными цилиндрическими поверхностями. Давление прессования в кольцевых прессах составляет 1500—2000 кгс/см².

Брикетирование мелочи каменных и старых твердых бурых углей осуществляется со связующими добавками на вальцовых прессах. Сущность процесса прессования на вальцовых прессах заключается в обжати шихты из угля и связующего между двумя вращающимися навстречу друг другу валками, рабочая поверхность которых разделена на ячейки по форме вырабатываемых брикетов. Давление, развиваемое в вальцовых прессах, зависит от свойств прессуемого материала и при прессовании угольной шихты составляет 150—250 кгс/см².

Получаемые на вальцовых прессах брикеты используются как энергетическое топливо для топок со слоевым сжиганием или подвергаются последующей переработке в бездымное бытовое топливо.

§ 1. Штемпельные прессы

1. Устройство штемпельного пресса

Штемпельный пресс (рис. 36) состоит из станины 1, прессовой головки 2, прессующего механизма 3 и привода 4.

Станина является основанием пресса, на котором расположе-

ны подвижные части прессующего механизма пресса. Она жестко соединена с прессующей головкой и закреплена на массивном фундаменте 5 болтами. На станине расположены коренные подшипники 6 коленчатого вала 7.

Головка пресса (рис. 37) предназначена для размещения в ней прессформ, в которых осуществляется прессование угля в

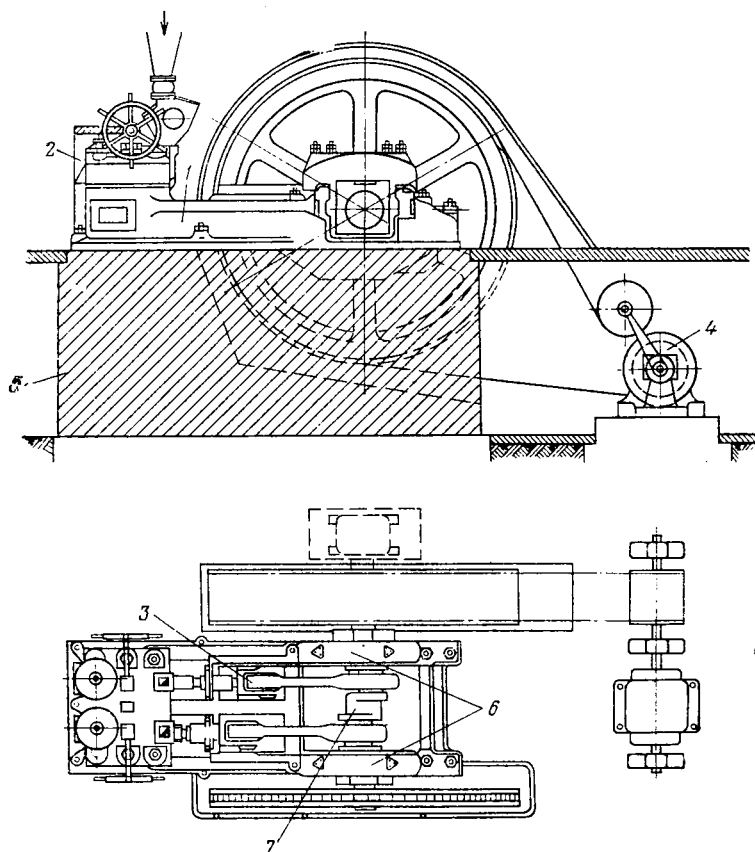


Рис. 36. Двухштемпельный кривошипно-шатунный пресс

брикеты. Она воспринимает на себя давление, создаваемое прессующим механизмом пресса, и представляет собой массивную литую часть пресса, состоящую из станины 1 и крышки 2, соединенных массивными стяжными болтами 3. Пресс может иметь одну или две прессовые головки. В головке имеются сквозные горизонтальные каналы, в которых устанавливают пресс-формы 4. Сверху каждый канал ограничивается нажимной плитой 5.

По числу штемпелей в головке устанавливается одна, две или три пресс-формы. Внутренним концом нажимная плита опи-

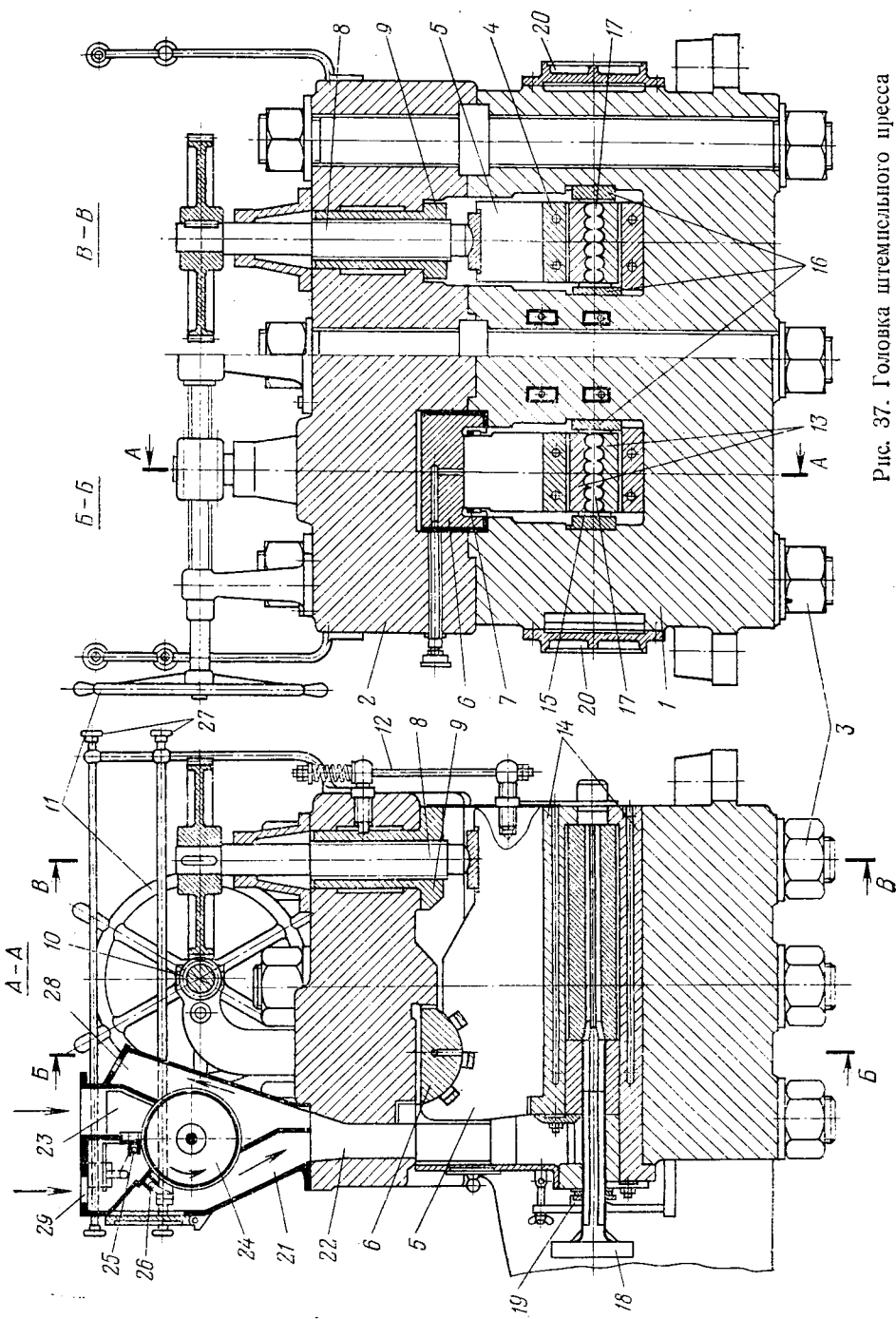


Рис. 37. Головка штемпельного пресса

рается шарнирно на ось 6, а нижней плоскостью опирается на пресс-формы. С помощью выступов 7 плита поддерживается на оси и может поворачиваться в вертикальной плоскости, что позволяет изменять высоту формовочного канала и давление прессования. Изменение давления нажимной плиты на пресс-формы осуществляется с помощью механизма, состоящего из винта 8, проходящего через гайку 9, закрепленную в верхней части головки. Винт одним концом упирается в наружный конец плиты, другим соединен с червячной передачей 10, приводимой в движение вручную штурвалом 11. Для поддержания плиты при вынутых пресс-формах, а также для возвращения ее в горизонтальное положение при установке новых пресс-форм наружный конец плиты соединен с крышкой головки тягой 12, имеющей на конце пружину с регулировочной гайкой.

Пресс-формы состоят из набора формовочного инструмента — матриц 13, матрицедержателей 14, боковых планок 15 и клиньев 16 и образуют формовочный, или матричный канал 17, в который входит штемпель 18 и происходит прессование угля в брикеты.

Для предохранения от выбивания пыли на входе штемпеля в головку имеется уплотняющее устройство 19. Сбоку от головки через полости и каналы 20 перед началом работы подается пар для разогрева головки, а при нормальной работе пресса — вода для охлаждения.

На крышке прессовой головки расположены барабанные питатели 21 (по одному на каждый штемпель), с помощью которых сушенка из бункера пресса через вертикальные загрузочные каналы 22 подается на прессование. Питатель состоит из нескольких камер. Сушенка из бункера через секторный или шиберный затвор поступает в загрузочную камеру 23 питателя и попадает на рифленый барабан 24, вращающийся с частотой 150 об/мин. Вращение барабана осуществляется через приводной вал, одним концом соединенным конической передачей с барабаном питателя, а другим с помощью цилиндрической передачи — с коленчатым валом.

Количество сушенки, подаваемой на прессование, регулируется по толщине выходящих из пресса брикетов с помощью шиберов грубой 25 и тонкой 26 настройки, соединенных со штурвальчиками 27.

Запыленный воздух из загрузочного канала и питателя отсасывается через камеру 28 и направляется на пылеулавливание в индивидуальный для каждого пресса циклон. Крупная пыль, уловленная в циклоне, возвращается обратно и добавляется к сушенке в камеру 29.

Прессующий механизм (рис. 38) служит для преобразования вращательного движения приводного вала в прямолинейное возвратно-поступательное движение штемпеля и передачи усилия прессования на сушенку в формовочном канале пресса.

К прессующему механизму или подвижным частям пресса относятся штемпель 1, ползун 2, шатун 3, коленчатый вал 4 и маховик 5.

Штемпель изготавливается из высококачественной стали. Подоса штемеля болтами крепится к ползуну и совершает с послед-

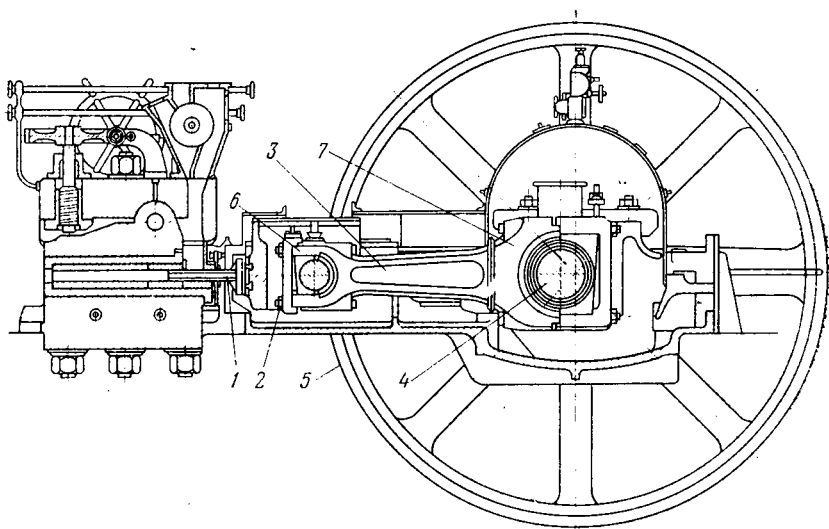


Рис. 38. Прессующий механизм штемпельного пресса

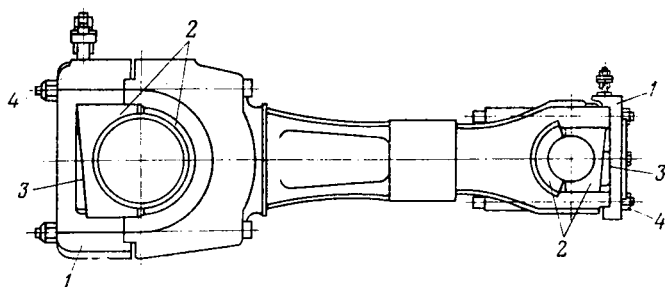


Рис. 39. Шатун штемпельного пресса

ним возвратно-поступательное движение. Другим концом штемпель входит в матричный канал и производит прессование сушенки в брикеты. Ползун пресса, изготовленный из чугуна, соединен с шатуном подшипником 6 и перемещается по направляющим станины. Шатун изготавливается из стального литья. Через подшипник 7 он соединен с шейкой коленчатого вала. Оба подшипника шатуна (рис. 39) имеют разъемную конструкцию и каждый состоит из крышки 1, двух вкладышей 2, распорных клиньев 3 и

стяжных болтов 4. Вкладыши подшипника на пальце ползуна изготавливаются из бронзы, вкладыши подшипника на кривошипе коленчатого вала заливается баббитом.

Коленчатый вал (рис. 40) изготавливается из высококачественной стали. Он имеет шейки 1 для кривошипного подшипника по числу штемпелей и шейки 2 для коренных подшипников вращения вала, установленных на станине пресса. Коренные подшипники имеют разъемную конструкцию, вкладыши заливается баббитом. Разъемная конструкция подшипников шатуна и коренных подшипников коленчатого вала очень удобна и позволяет по мере

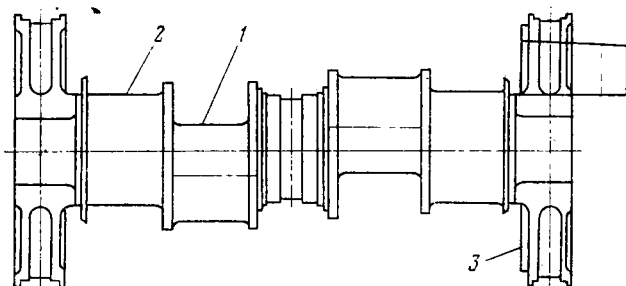


Рис. 40. Коленчатый вал

выработки подтягивать вкладыши с помощью клиньев, не разбирая подшипников. На конце коленчатого вала закреплены диски 3, на которые насаживаются чугунные маховики. Маховик состоит из соединенных половин. У прессов с электроприводом обычно имеется один маховик, а у прессов с паровым приводом — два.

Привод прессы может быть от паровой машины или электрическим. При паровом приводе паровые машины устанавливаются на одном фундаменте с прессом. Для привода прессов применяется перегретый пар избыточным давлением 15—20 кгс/см² с температурой 230—250°С. Отработавший пар после цилиндров паровых машин с избыточным давлением 3—3,5 кгс/см² очищается от масла и используется для сушки угля в паровых сушилках. Поэтому по затратам энергии на брикетирование паровой и электрический приводы штемпельных прессов являются равноценными, и этим объясняется широкое распространение парового привода на старых брикетных фабриках.

Паровой привод позволяет плавно и в широком интервале изменять число оборотов прессы, что очень важно при его пуске. Однако в санитарно-гигиеническом отношении, а также по затратам на ремонт оборудования паровой привод уступает электрическому и на вновь сооружаемых брикетных фабриках не применяется.

При паровом приводе используется одноцилиндровая машина двойного действия, преимущественно с клапанным парораспреде-

лением. Передача движения от паровой машины на коленчатый вал пресса осуществляется кривошипно-шатунным механизмом машины. Мощность паровой машины устанавливается в зависимости от числа штемпелей в прессе и составляет от 100 до 350 л. с., или 30—40 л. с. на 1 т/ч брикетов.

При электрическом приводе применяются главным образом асинхронные электродвигатели с фазовым ротором открытого или защищенного типа напряжением на 3000 или 6000 В. Для уменьшения пускового тока и регулирования числа оборотов в цепь ротора включается добавочное активное сопротивление. Передача вращения от электродвигателя на маховик пресса осуществляется ременной передачей с натяжным роликом. Расстояние между осью маховика и электродвигателем составляет 1,5—2 диаметра маховика.

Электродвигатель можно располагать в подвальном помещении на одной отметке с прессом в том же помещении или в отдельном.

2. Гидравлическое нажимное устройство

В последних конструкциях прессов перемещение нажимной плиты для изменения давления прессования осуществляется с помощью гидравлического устройства. В этом случае прессовая головка выполняется в виде монолита.

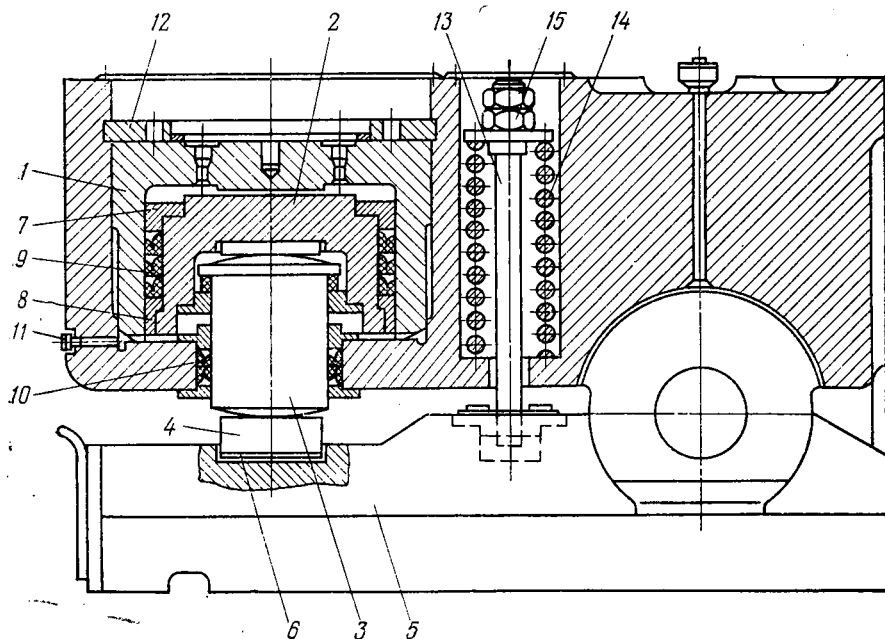


Рис. 41. Гидравлическое нажимное устройство

Гидравлическое нажимное устройство (рис. 41) состоит из стального цилиндра 1, имеющего в верхней стенке отверстия для подвода масла под давлением, поршня 2, передающего усилие на нажимную плиту через промежуточное цилиндрическое тело 3, которое нижним концом опирается на цилиндрическую подкладку 4. Выравнивание нажимной плиты 5 до горизонтального положения осуществляется с помощью подкладок 6. Цилиндр имеет сверху и внизу две втулки 7 и 8 из серого чугуна. Между втулками расположены уплотняющие манжеты 9. Скольжение верхней втулки облегчается смазкой стенок цилиндра гидравлическим маслом, а нижней втулки — маслом утечки.

Для предохранения масла от утечки из системы и проникновения в него угольной пыли имеются уплотняющие манжеты 10. Масло утечки через каждые 500 ч работы выпускается через запорный штуцер 11. Гидравлический цилиндр закрепляется в корпусе головки пресса с помощью замка, состоящего из разделенного на четыре части кольца 12. Возвращение разгруженной нажимной плиты в исходное положение достигается возвратным пружинным механизмом, состоящим из болта 13, закрепленного одним концом в нажимной плите, и возвратной пружины 14, усилие которой регулируется гайкой 15.

Масло в нажимное устройство подается от гидравлической системы, устанавливаемой для группы прессов, или индивидуально ручным насосом.

Изменение усилия на нажимную плиту от давления масла в системе следующее:

Давление:

масла, кгс/см ²	50	100	150	200	250
на плиту, т	62,5	125,0	187,5	250,0	312,5

3. Классификация штемпельных прессов

Штемпельные прессы, применяемые на углебрикетных фабриках, различаются по количеству штемпелей, взаимному их расположению, конструкции прессующего механизма или приводного механизма штемпеля и роду привода пресса.

По количеству штемпелей бывают одно-, двух-, трех- и четырехштемпельные прессы. В настоящее время наибольшее распространение получили двух- и четырехштемпельные прессы.

В одноштемпельном прессе за полный оборот коленчатого вала совершается только одно прессование. Такие прессы имеют наименьшую производительность и повышенную степень неравномерности рабочего хода. Для выравнивания колебаний угловой скорости коленчатого вала требуются тяжелые маховики.

В двух-, трех- и четырехштемпельных прессах за один оборот вала совершаются соответственно два, три и четыре прессования. Такие прессы более производительны, имеют пониженную степень неравномерности хода и для ее выравнивания требуют меньше маховых масс.

В головке двухштемпельного пресса, соединенной со станиной, размещаются два матричных канала, и движение штемпелей смещено на 180° . В четырехштемпельном прессе имеются две головки и две станины, между которыми расположен маховик, и движение каждого штемпеля смещено относительно друг друга на 90° .

Имеются четырехштемпельные прессы с одной общей станиной и одной прессовой головкой.

Двухштемпельные прессы применяются на фабриках малой и средней производительности, четырехштемпельные — на крупных фабриках. В последнем случае остановка отдельных прессов на замену пресс-форм или ремонт не вызывает резкого снижения выработки брикетов и остановки других агрегатов фабрики.

По взаимному расположению штемпелей прессы разделяются на сдвоенные и двойные. У сдвоенных двухштемпельных прессов колена вала смещены относительно друг друга на 180° , а у четырехштемпельных — на 90° , и штемпели совершают рабочий ход попеременно. У двойного двухштемпельного пресса колена вала не смещены относительно друг друга, и штемпели совершают рабочий ход одновременно. У двойного четырехштемпельного пресса каждая пара колен вала смещена относительно соседней на 180° , и за один оборот вала производится два двойных прессования.

Двойные прессы имеют повышенную степень неравномерности рабочего хода, требуют коленчатый вал увеличенных размеров и установки тяжелых маховиков, поэтому такие прессы широкого распространения не получили.

По характеру прессующего механизма штемпельные прессы разделяются на кривошипно-шатунные и коленчато-рычажные. В кривошипно-шатунном механизме (рис. 42, а) кривошип 1 коленчатого вала шарнирно соединен с шатуном 2, который, в свою очередь, шарнирно соединен с ползуном 3, совершающим возвратно-поступательное движение по направляющему на станине пресса. К ползуну жестко крепится штемпель 4. Кривошипно-шатунный прессующий механизм является наиболее простым и распространенным. Современные прессы изготавливаются в основном только с таким механизмом.

Коленчато-рычажный механизм прессования бывает двух типов: собственно коленчато-рычажный и двухколенчатый механизм.

Коленчато-рычажный механизм (рис. 42, б) отличается от кривошипно-шатунного тем, что вместо одного шатуна имеются два шатуна 2 и 4, шарнирно-соединенные с качающим трехшарнирным треугольником 3, совершающим движение относительно неподвижной точки 5. Другой конец шатуна 4 соединен с ползуном 6, к которому жестко прикреплен штемпель 7.

В двухколенчатом рычажном механизме (рис. 42, в) на кривошипе 1 коленчатого вала шарнирно подвешен треугольник 2, соединенный шарнирно двумя другими углами с качающимся

рычагом 3 и шатуном 4, который соединен с ползуном 5. К концу ползуна крепится штемпель 6.

При вращении коленчатого вала создается движение качания, при котором вершины треугольника движутся по различным траекториям: по окружности на коленчатом валу, по дуге у качаю-

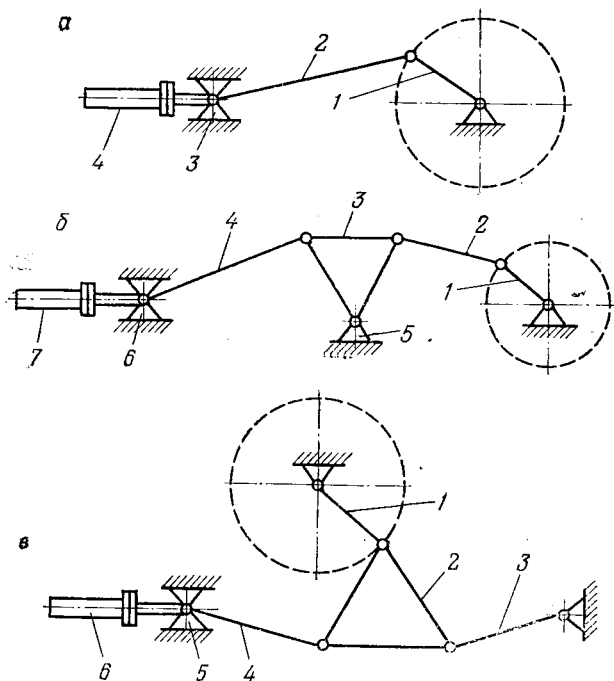


Рис. 42. Кинематические схемы прессующих механизмов

щегося рычага 3 и по кривой, напоминающей эллипс, в точке соединения треугольника с шатуном 4. Благодаря такому устройству прессующего механизма при одинаковой частоте вращения коленчатого вала скорость движения штемпеля в конце рабочего хода и в начале обратного хода у коленчато-рычажных прессов меньше, чем у кривошипно-шатунных. В результате увеличивается длительность пребывания материала в канале пресса под нагрузкой. Например, если общее время пребывания материала в канале пресса под нагрузкой у кривошипно-шатунного пресса составляет 0,155 с, то у коленчато-рычажного пресса оно возрастает до 0,238 с, т. е. увеличивается более чем в 1,5 раза. Увеличение продолжительности прессования благоприятно сказывается на повышении прочности брикетов.

Несмотря на эти преимущества, коленчато-рычажные прессы не получили широкого распространения ввиду сложной кинемати-

ческой схемы, увеличенной длины пресса, большого количества шарнирных соединений с подшипниками, вкладыши которых вследствие одностороннего воздействия нагрузки быстро изнашиваются, сложной системы смазки.

Коленчато-рычажные прессы (рис. 43) применяются для брикетирования мелкозернистой сушенки пониженной влажности, для

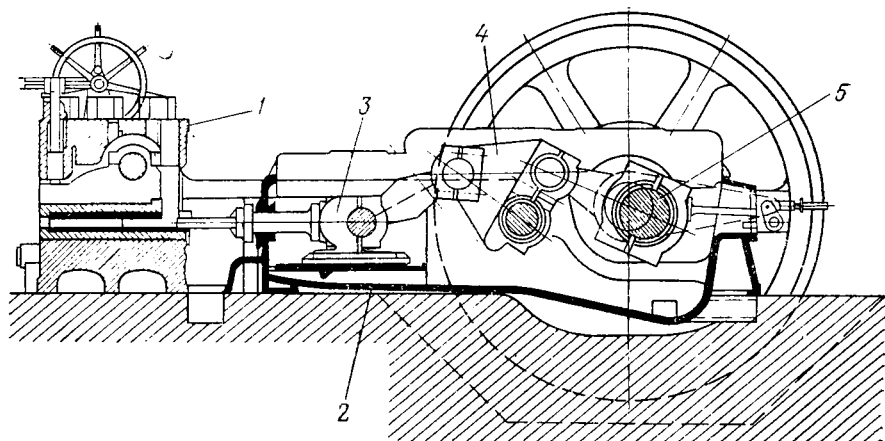


Рис. 43. Штемпельный пресс с коленчато-рычажным механизмом:
1 — головка пресса; 2 — станина; 3 — ползун; 4 — коленчато-рычажный механизм;
5 — коленчатый вал

получения брикетов, направляемых на полукоксование или коксование, а также для брикетирования твердых бурых углей.

По роду привода различают штемпельные прессы с паровым и электрическим приводами.

Технические характеристики современных штемпельных кривошипно-шатунных прессов (завод «Цемаг», ГДР)

	PS-200			PS-300	
Производительность двухштемпельного пресса при 100 об/мин, т/ч*	6,9	7,2	8,1	8,1	10,2
Максимальное усилие, развиваемое штемпелем, тс	250			300	
Максимальное удельное давление прессования, кгс/см ²	1500	1400	1200	1500	1200
Ширина прессового канала, мм	182	182	210	210	273
Площадь ударной поверхности штемпеля, см ²	115	120	136	136	170
Ход штемпеля, мм	220			220	
Максимальная частота вращения, об/мин	120			120	
Число:					
штемпелей	2 и 4			2 и 4	
маховиков	1—2			1—2	

Масса пресса без привода, кг	52	103	66	129—132
Мощность электродвигателя, кВт	200	250	250	300
Габаритные размеры пресса, мм:				
длина	10 400	10 700	10 400	10 700
ширина	4500	6700	4600	7600

* Для четырехштемпельного пресса производительность соответственно удваивается.

4. Процесс образования брикетов в штемпельном прессе

Штемпельные прессы являются машинами периодического действия с открытым матричным каналом. Образование каждого брикета происходит за одно полное возвратно-поступательное движение штемпеля. Упором для каждого вновь образуемого брикета служит ударная поверхность предыдущего брикета.

Процесс образования брикета в штемпельном прессе складывается из нескольких последовательно протекающих этапов: загрузки формовочного канала сушенкой, сжатия сушенки в брикет, проталкивания брикетной ленты и возвращение штемпеля в первоначальное положение (рис. 44).

При положении штемпеля в крайнем заднем положении (рис. 44, а) сушенка из вертикального загрузочного канала поступает в пространство перед штемпелем. При вращении кривошипа штемпель движется вперед, заталкивает сушенку в матричный канал и вскоре после перекрытия штемпелем формовочного канала (рис. 44, б) она сжимается до образования брикета. При дальнейшем движении кривошипа давление штемпеля на образовавшийся брикет достигает максимального значения и преодолевает сопротивление, оказываемое зажатой в прессформе лентой брикетов. Лента проталкивается вперед на расстояние, соответствующее ширине вновь образованного брикета. Штемпель при этом переходит в переднее крайнее положение (рис. 44, в).

При дальнейшем вращении кривошипа коленчатого вала штемпель начинает обратный ход, испытывая вначале убывающее дав-

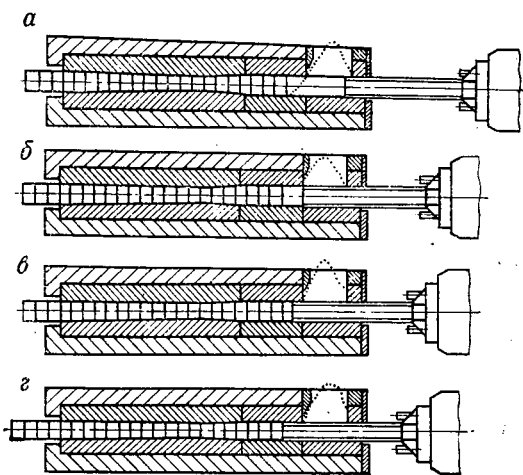


Рис. 44. Схема процесса прессования в канале штемпельного пресса

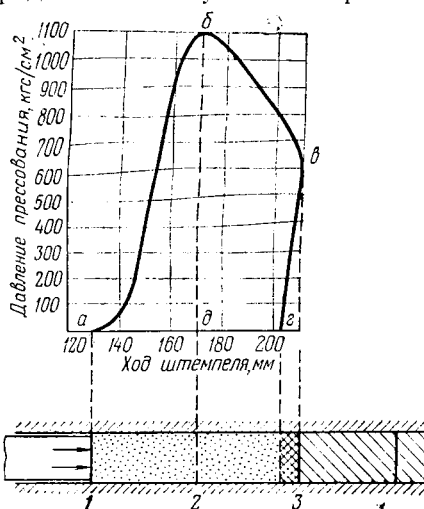
ление расширяющегося брикета, и затем (рис. 44, *г*); теряя соприкосновение с ним, возвращается в исходное крайнее заднее положение.

Таким образом, за каждый оборот коленчатого вала штемпель совершает одно возвратно-поступательное движение — одно пресование порции сушенки в брикет.

Величина противодействия, а следовательно, и давление пресования зависят от сил трения, возникающих главным образом между стенками пресс-форм и лентой брикетов. Силы трения, в свою очередь, зависят от физических свойств брикетируемого материала: крупности, влажности, температуры, режима пресования и условий работы пресса — скорости пресования, температуры пресс-форм, степени их сжатия нажимным устройством, формы брикетов, степени сужения (букеля) пресс-форм, длины охлаждающих лотков.

5. Изменение давления пресования и расход энергии

При движении штемпеля вперед сушенка заталкивается в матричный канал и, когда торец штемпеля достигает положения 1 (рис. 45), начинается ее уплотнение и пресование. Давление, передаваемое от угля на торец штемпеля, изменяется по кривой *аб*.



При достижении штемпелем положения 2 давление пресования имеет максимальное значение 900—1200 кгс/см². Начинается проталкивание брикетной ленты на длину, соответствующую ширине одного брикета, и заканчивается, когда штемпель достигает переднего крайнего положения 3. При проталкивании брикетов вследствие уменьшения коэффициента трения давление пресования падает по кривой *бв* до минимального значения 600—700 кгс/см². Штемпель при этом занимает переднее крайнее положение.

При обратном движении штемпеля расширяющиеся брикеты оказывают на него давление, которое быстро уменьшается до

Рис. 45. Диаграмма давления пресования в штемпельном прессе

нуля по кривой *вг*. Кривая *абвг* представляет собой диаграмму изменения давления пресования за один рабочий ход штемпеля. Площадь фигуры *абвг* пропорциональна работе, затраченной на получение одного брикета, отнесенной к 1 см² ударной поверхности торца штемпеля. Площадь *абд* пропорциональна рабо-

те, затраченной собственно на процесс образования брикета. Эта энергия расходуется на преодоление внутреннего трения между частицами, на пластическую деформацию частиц, преодоление сил трения сушенки о стенки пресс-форм. Часть этой энергии превращается в тепло и нагревает брикет и стенки пресс-форм. Площадь $bвгд$ пропорциональна работе, затрачиваемой на проталкивание брикетной ленты. Эта энергия расходуется на преодоление сил трения при движении зажатой ленты брикетов, износ стенок матриц и охлаждательных лотков. Она частично переходит в тепло и нагревает пресс-формы и головку пресса.

Особенностью работы штемпельных прессов, как это видно из диаграммы прессования, являются большие затраты энергии на процесс проталкивания брикетной ленты, которые значительно превосходят количество энергии, затрачиваемой непосредственно на процесс образования брикета. На проталкивание брикетной ленты расходуется до 60—65% всей энергии затрачиваемой на прессование, а на образование брикетов — только 35—40%.

Работа, совершаемая при прессовании, может быть определена по диаграмме как

$$A = Fm_1m_2f_1, \text{ кгс/см}^2,$$

где F — площадь фигуры $abвг$ (см. рис. 45), см^2 ; m_1 — масштаб давления, кгс/см^2 в 1 мм ординаты; m_2 — масштаб пути штемпеля, см в 1 мм абсциссы; f_1 — площадь торца штемпеля, см^2 .

Для приближенных расчетов работа прессования принимается равной произведению давления прессования на толщину брикета. С помощью диаграммы прессования можно определить необходимую установленную мощность приводного двигателя пресса

$$N_{\text{уст}} = K \frac{Azn}{60 \cdot 100 \cdot 102 \eta_{\text{п}} \eta_{\text{м}}}, \text{ кВт},$$

где K — коэффициент запаса мощности; для двигателя с фазовым ротором он принимается 1,25, для коллекторного двигателя 1,1—1,15; z — число штемпелей в прессе; n — число ходов штемпеля в 1 мин; $\eta_{\text{п}}$ — к. п. д. передачи, принимается 0,92—0,98; $\eta_{\text{м}}$ — к. п. д. прессующего механизма, принимается 0,65—0,75.

Расход электроэнергии на 1 т брикетов составляет от 20 до 25 кВт·ч. Установленная мощность двигателя на 1 т часовой производительности пресса по брикетам равна 25—35 кВт.

С увеличением числа оборотов давление прессования и удельный расход энергии уменьшаются. Расход электроэнергии, потребляемой прессом, возрастает с увеличением толщины брикетов соответственно увеличению длины продвижения брикетной ленты за каждый оборот пресса. При этом прочность брикетов уменьшается. Толщина брикетов 55 мм считается оптимальной.

6. Факторы, влияющие на процесс прессования в штемпельном прессе

Форма и размеры диаграммы прессования, а следовательно, и количество энергии, расходуемой на прессование в штемпельном прессе, зависят от свойств брикетируемого угля и условий работы пресса. Диаграммы прессования отличаются друг от друга максимальным давлением, временем начала прессования и моментом достижения наибольшего давления, толщиной брикетов в сжатом состоянии и после снятия давления.

Давление прессования в штемпельном прессе обуславливается противодавлением, которое создается в канале действием сил трения и сопротивления, оказываемого букелем движению брикетной ленты. Начало прессования и время наступления максимального давления, соответствующее моменту движения брикетной ленты, зависят от количества подаваемой в пресс сушенки и степени усадки угля при брикетировании.

Противодавление ленты брикетов в канале пресса, а следовательно, и давление прессования, находятся в зависимости от большого количества факторов.

На силы трения в канале влияют условия брикетирования и свойства прессуемого угля. Силы трения, возникающие в канале, определяются суммарным давлением ленты брикетов на стенки канала и коэффициентом трения брикетов о стенки пресс-форм. Давление брикетов на стенки канала, или сила бокового давления, или бокового распора, составляет 0,3—0,35 осевого давления, испытываемого брикетами под влиянием давления штемпеля. Величина бокового распора по длине канала не постоянна и изменяется соответственно уменьшению осевого давления. В букельной части пресс-форм силы бокового распора значительно увеличиваются и составляют 0,5—0,6 осевого давления. Силы бокового распора возрастают с увеличением степени сжатия пресс-форм нажимным устройством пресса.

Для одного и того же угля противодавление, а следовательно, и удельное давление прессования зависят от величины трущейся поверхности ленты брикетов о стенки канала, т. е. от формы брикетов, или от отношения величины периметра поперечного сечения канала к его площади. Это отношение имеет наименьшее значение у одинарных брикетов большого формата. С увеличением количества составных частей брикета при одной и той же ширине канала, как это имеет место при производстве промышленных брикетов, периметр сечения брикетной ленты возрастает, а площадь сечения уменьшается и соответственно увеличивается давление прессования. Однако при этом уменьшается производительность пресса, поэтому форма брикетов принимается исходя из их целевого назначения.

На коэффициент трения брикетов о стенки пресс-форм влияют

свойства брикетируемого угля, влажность и температура сушенки, температура пресс-форм и число оборотов пресса.

С увеличением степени углефикации, повышением твердости и уменьшением пластичности угля коэффициент трения его о стенки пресс-форм возрастает. Коэффициент трения возрастает также с увеличением зольности угля и содержания в нем минеральных примесей, особенно песка.

С уменьшением влажности сушенки увеличиваются коэффициент трения ее о стенки пресс-форм и давление прессования. Например, при снижении влажности сушенки с 25 до 17% давление прессования возрастает на 20—22%. Уменьшение влажности сушенки и повышение давления прессования ведут к увеличению прочности брикетов.

С повышением температуры сушенки и стенок пресс-форм коэффициент трения уменьшается, в результате чего уменьшается сила противодействия и снижается давление прессования.

Вследствие трения ленты брикетов о стенки пресс-форм образуется значительное количество тепла, которое расходуется в основном на нагрев пресс-форм, температура которых в букельной части поднимается выше 300°С. Тепло передается головке пресса, вызывая в ней нежелательные температурные напряжения. Нагрев пресс-форм уменьшает коэффициент трения, в результате снижается давление прессования, а вследствие этого ухудшается качество брикетов. Кроме того, при нагреве увеличивается износ пресс-форм, интенсивность которого особенно возрастает при повышении температуры стенок выше 300°С.

В прессах предусматривается охлаждение пресс-форм водой через матрицедержатели. Для этого матрицедержатели изготавливаются с продольными каналами в стенках, по которым пропускается вода. Таким образом, охлаждение сушенки перед прессованием, а также охлаждение пресс-форм водой увеличивают коэффициент трения и давление прессования, в результате чего повышается прочность брикетов.

При увеличении частоты вращения пресса уменьшаются статический (в момент начала движения брикетной ленты) и динамический (при движении) коэффициенты трения брикетов о стенки матриц. В результате снижается давление прессования и, кроме того, сокращается время прессования и продолжительность пребывания брикетов в канале пресса, что ведет к снижению прочности брикетов. Снижение давления прессования при увеличении числа оборотов может быть компенсировано увеличением сжатия пресс-форм нажимным механизмом, а также улучшением охлаждения пресс-форм водой.

При увеличении загрузки сушенки в прессовый канал брикеты получаются более толстые, и момент возникновения наибольшего давления прессования и начало проталкивания брикетной ленты наступают раньше. В этом случае проталкивание брикета происхо-

дит на большую длину и площадь диаграммы прессования соответственно количеству затрачиваемой энергии будет больше.

Форма и размеры брикетов, выпускаемых для энергетических целей, показаны на рис. 46.

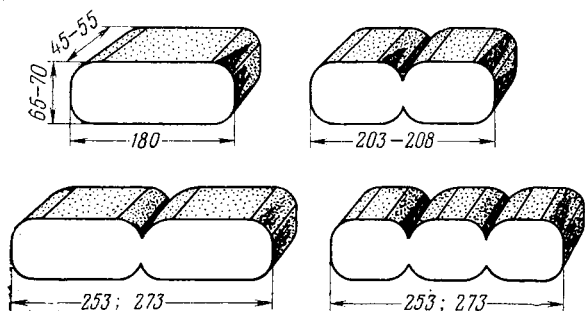


Рис. 46. Форма и размеры брикетов из штемпельных прессов

7. Формовочные детали пресса

Рабочие формовочные детали пресса укладываются в определенной последовательности и закрепляются в головке пресса. Формовочный, или матричный канал (рис. 47) образуется стенками верхних и нижних матриц и боковыми планками.

Верхняя стенка канала состоит из верхней рабочей матрицы 1 и выпускной, или букельной матрицы 2. Обе матрицы с помощью планки 3 закреплены на верхнем матрицедержателе 4, который верхним концевым выступом упирается в нажимную плиту 5.

Нижняя стенка канала образуется нижней рабочей матрицей 6, нижней выпускной, или букельной матрицей 7 и направляющей матрицей 8. Все три матрицы укладываются на нижний матрицедержатель 9 и закрепляются на нем прижатием к его верхнему концевому выступу пластиной 10. Нижним выступом матрицедержатель упирается в станину пресса.

Внутри обоих матрицедержателей имеются продольные каналы, по которым при подготовке пресса к работе пропускается пар и производится предварительный нагрев пресс-форм, а во время работы пресса пропускается холодная вода для охлаждения формовочных деталей. Боковые стенки канала образуются боковыми пластинами 11, которые бывают в виде сплошных полос или состояются из 3—4 отдельных коротких пластин.

Пластины или полосы укладываются в гнезда боковых распорных клиньев 12 и прижимаются ими к боковым стенкам матриц. Выпускные матрицы в передней части имеют быстро нарастающее утолщение, которое затем постепенно уменьшается. В результате в матричном канале образуется короткий суживающийся участок, называемый букелем, и затем длинный, постепенно расширяющийся участок. В букеле брикеты подвергаются дополнительному боковому сжатию, в результате которого увели-

чиваются противодействие в формовочном канале и давление прессования, возрастают плотность и прочность брикетов. В расширяющейся части канала происходит постепенное снятие бокового давления, и это способствует меньшему растрескиванию их при упругом расширении.

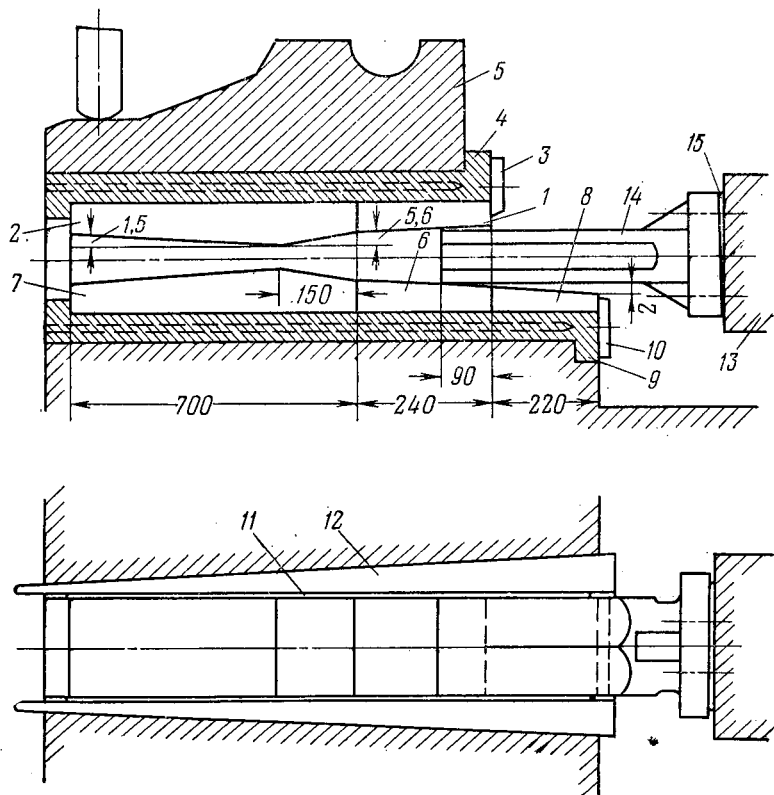


Рис. 47. Пресс-формы штемпельного пресса

Размеры букеля—его длина, высота и расширение канала на выходе зависят от пластических свойств брикуемого угля, влажности и крупности прессуемой сушенки и устанавливаются опытным путем. Для молодых, мягких и хорошо брикуемых углей сужение канала (букель) принимается длиной 120—150 мм и высотой от 3 до 5 мм на каждую сторону и расширение на оставшейся части—1,5—2 мм. Для мягкого угля требуется более высокий букель. С увеличением твердости угля высота букеля уменьшается. Для труднобрикуемых углей высота букеля уменьшается до 1 (2) мм, а длина увеличивается. При одновременном уменьшении крупности и влажности сушенки высота букеля уменьшается.

Толщина отдельных матриц может быть не одинаковой, и при укладке их на матрицедержателе без выступов и для получения требуемой высоты канала под них подкладываются соответствующей толщины пластины. Часто рабочую и выпускную матрицы делают в виде одной сплошной.

Сборка блоков, состоящих из матрицедержателей, с устанавливаемыми на них матрицами осуществляется в шлифовальной мастерской, затем их на тележках подвозят к прессу.

Перед установкой пресс-форм ползун 13 отводят в заднее крайнее положение, канал в головке пресса очищают от угля и нажимную плиту устанавливают в горизонтальное положение. В боковые пазы вставляют боковые клинья с установленными на них пластинами. После этого в канал головки пресса спереди вставляют сначала нижний блок с матрицами, а затем на него накладывают верхний блок. Верхний блок поднимают с помощью вставляемых с концов деревянных клиньев или в формовочный канал вводят две-три деревянные прокладки по форме выпускаемых брикетов и таким образом верхний матрицедержатель прижимают к подошве нажимной плиты.

После этого между головками боковых клиньев и штоком ползуна пресса устанавливают толстую деревянную прокладку и при кратковременном включении привода пресса клинья ползуном подают вперед; силой распора зажимают пресс-форму в канале головки пресса.

После закрепления матриц ползун отводят в крайнее заднее положение. На направляющую матрицу накладывают прессующий конец штампея 14 и подошву штампея крепят болтами к торцу ползуна.

Штампель с помощью тонкой и узкой прокладки 15 (между верхней частью подошвы и ползуном) устанавливают с небольшим наклоном вперед таким образом, чтобы его нижней передней кромкой полностью сгребать сушенку с направляющей матрицы и заталкивать ее в матричный канал. Высоту и ширину прессующего конца штампея подбирают так, чтобы зазор между штампелем и стенкой верхней рабочей матрицы и боковыми пластинами был не более 0,5 мм. Для проверки зазора маховик пресса проворачивают вручную, штампель подают вперед и зазор между штампелем и рабочими матрицами проверяют щупом. После этого производят проверку правильности установки пресс-форм путем опробования работы пресса на холостом ходу при малой частоте вращения. При этом штампель должен входить в канал и выходить обратно свободно без стука. Ход штампея при брикетировании бурых углей составляет 200—220 мм, а при брикетировании торфа, имеющего значительно меньшую плотность массы сушенки, 300—350 мм. Глубина захода штампея в канал 80—90 мм.

С увеличением глубины захода штампея прочность брикета уменьшается. Это объясняется тем, что при меньшей глубине захода достигается лучшее предварительное уплотнение сушенки и

удаление из нее воздуха перед входом в рабочее пространство канала.

Убедившись в правильной сборке и установке пресс-форм, устанавливают заднюю крышку вертикального загрузочного канала и уплотнение штемпеля, подключают трубопроводы для подогрева и охлаждения пресс-форм, присоединяют направляющие колпаки пылеотсасывающих трубопроводов, направляющий лоток для брикетов и включают пресс в работу.

При комплектовании и сборке матриц необходимо следить, чтобы они имели одинаковую ширину. Разница в ширине матриц не должна превышать 0,1 мм, в противном случае матрицы будут зажиматься клиньями с неодинаковой силой. В результате этого верхняя плохо зажатая матрица при работе пресса может опуститься и перекрыть канал. Под нижнюю недостаточно зажатую матрицу может набиться уголь и она будет подниматься. В обоих случаях возникают неполадки в работе пресса и даже аварии.

Разборку формовочных деталей пресса при их замене производят в обратной последовательности. После снятия штемпеля очищают формовочный канал от промасленного угля и в канал спереди и сзади вставляют деревянные прокладки. Затем подвешенным на тросе тараном или кувалдами выбивают боковые распорные клинья, вынимают верхний и нижний блоки с матрицами и приступают к установке новых пресс-форм.

На новых фабриках у прессов последних конструкций смена пресс-форм производится специальной машиной, время на эту операцию сокращается в 4 раза.

Матрицы и штемпель являются наиболее быстро изнашивающимися деталями пресса и изготавливаются из легированной износостойчивой стали. Наибольший износ имеет место у рабочих матриц главным образом в зоне образования брикета, где создается максимальное давление. У выпускной матрицы наибольшее изнашивание происходит в передней букельной части. Срок службы пресс-форм зависит от твердости и абразивных свойств прессуемого угля. При прессовании угля большой зольности и особенно содержащего песок, пресс-формы изнашиваются наиболее быстро — срок их службы составляет 1—3 суток. Для повышения износостойчивости пресс-формы и штемпель также наплавляют твердым сплавом, чаще сталинитом, что увеличивает срок службы прессформ до 8 суток (и более).

Износ матриц в виде углублений, выработанных в рабочих матрицах в зоне наибольших давлений, допускается не более 3—4 мм. Износ матриц ведет к ухудшению прочности и внешнего вида брикетов, так как образующийся увеличенный зазор между штемпелем и стенками матриц и боковыми пластинами уменьшает удельное давление прессования. Допустимым считается износ, когда ширина кромки у брикетов увеличивается до 3—4 мм.

Изношенные пресс-формы подвергаются восстановительному ремонту, который заключается в наплавке матриц и штемпелей

сталлинином, и затем шлифовке на продольно-шлифовальных станках, оборудованных копировальным устройством. Шлифовка матриц осуществляется раздельно или в сборе на матрицедержателе.

8. Правила обслуживания штемпельного прессы

К обслуживанию прессы допускаются рабочие, прошедшие производственное обучение, изучившие устройство прессы, правила его эксплуатации и техники безопасности. Перед пуском прессы прессовщик обязан убедиться в его исправности. Для этого необходимо проверить: отсутствие на движущихся частях посторонних предметов; состояние привода, шатунно-кривошипного механизма; крепление болтовых и клиновых соединений; смазку подшипников; состояние формовочного канала; наличие между матрицами и штемпелями зазора в пределах 0,5—1 мм; крепление штемпеля; системы подогрева и охлаждения формовочного инструмента; состояние обеспыливающей системы и вентиляции; плотность закрытия крышек и люков. У прессов с паровым приводом необходимо проверить крепление паровой машины, парораспределение, продувные и дренажные клапаны.

За 1,5—2 ч до пуска прессы необходимо начать прогрев паром его головки и пресс-формы, а при паровом приводе и паровой машины. Пресс-формы нагревают до 75—80° С, а головку — до ощущения теплоты рукой.

Прогрев паровой машины должен производиться постепенно при нейтральном положении кривошипного механизма во избежание самопроизвольного проворачивания машины. Конец прогрева машины определяется по выходу сухого пара из продувочных кранов.

Для пуска прессы в работу необходимо подготовить 20—30 кг промасленного угля на каждый штемпель.

Перед пуском прессы сначала включают пылеулавливающие устройства и проверяют работу прессы на холостом ходу. Убедившись в его исправной работе начинают загружать пресс вручную промасленным углем при пониженной частоте вращения. После заполнения канала промасленным углем и выхода его из прессы открывают понемногу шибер дозатора прессы и постепенно подают в пресс сушенку. По мере увеличения поступления в пресс сушенки уменьшают подачу промасленного угля и постепенно переходят на подачу одной сушенки. Получаемые при пуске прессы брикеты сбрасываются с лотка у прессы на ленту боя как негодные. Во избежание образования в канале прессы пробки, которая может привести к его поломке, загрузка прессы без применения промасленного угля не допускается.

После перехода на прессование одной сушенки путем регулирования ее подачи устанавливают требуемую толщину брикетов, работу прессы переводят на принятое число оборотов, ленту брикетов переключают с ленты боя на охлаждающий лоток, выключают

**Признаки и причины нарушения качества буроугольных брикетов
и мероприятия для их устранения**

Внешние признаки нарушения качества брикетов	Причины	Мероприятия для их устранения
Продольные трещины на ударной поверхности брикетов	Несимметричность размеров матричного канала вследствие неравномерного износа верхних и нижних матриц в области букеля	Ослабить сжатие пресс-форм нажимным устройством
Продольные трещины на боковой поверхности	Недостаточное расширение пресс-форм на выходе	То же
Из матричного канала с шумом выходит водяной пар, глянцевая поверхность брикетов шелушится и осыпается	Перегреты матрицы, недостаточное охлаждение пресс-форм, сильное сжатие пресс-форм нажимным устройством	Увеличить подачу воды на охлаждение пресс-форм, ослабить их сжатие нажимным устройством
Бурые пятна на продольном изломе брикетов	Конденсация паров на тракте сушенки, неплотности в развальцовке трубок сушилки	Устранить конденсацию паров, завальцевать трубки в сушилке
Брикеты перемяты, виден клиновидный сдвиг внутрь с ударной стороны, брикеты разламываются по плоскости сдвига	Высокий букель или маленькая его длина, букель верхней и нижней матриц не совпадает	Заменить пресс-форму, удлинить или уменьшить высоту букеля, проверить правильность сборки пресс-форм, устранить смещение букелей
Брикеты перемяты, неравномерная глянцевая поверхность	Изношены матрицы	Заменить пресс-формы
Брикеты непрочные, бурый оттенок в изломе, крошки легко отламываются	Высокая или низкая влажность сушенки	Отрегулировать работу сушилок, усилить сжатие пресс-форм нажимным устройством
Малая прочность и рыхлая структура брикетов	Недостаточное давление прессования вследствие малой высоты и длины букеля	Заменить пресс-формы
Вогнутая поверхность брикетов со стороны ударной плоскости	Сработана кромка ударной поверхности штампера	Заменить штампель
Из пресса выходят слипшиеся рыхлые брикеты	Повышенная влажность сушенки	Отрегулировать работу сушилок, уменьшить влажность сушенки
	Пониженная влажность сушенки при недостаточном сжатии пресс-форм	Повысить влажность сушенки или увеличить давление прессования за счет увеличения сжатия пресс-форм нажимным устройством

чают нагрев прессформ и головки пресса и для их охлаждения включают подачу воды. При пуске пресса после замены прессформ первые 2—3 ч необходимо работать на пониженных оборотах.

Пресс под нагрузкой должен работать спокойно, без шума и стуков. При обнаружении стука в подшипниках необходимо остановить пресс и подтянуть клинья подшипников.

При стуке штемпеля необходимо остановить пресс и проверить крепления штемпеля, подтянуть болты или заменить их. Во время работы следят за нормальным поступлением сушенки в пресс, за работой обеспыливающей системы и смазкой подшипников. Температура масла после подшипников не должна превышать 70° С.

При остановке пресса в условиях нормальной работы необходимо формовочный канал заполнить промасленным углем, для чего путем постепенного уменьшения подачи сушенки увеличивают подачу промасленной крошки. При внезапной остановке пресса или образовании в формовочном канале пробки прессовщик выключает пресс без подачи промасленной крошки, немедленно разбирает лотки и выбивает брикеты из формовочного канала вручную с помощью длинного зубила. Категорически воспрещается во избежание поломки пресса производить выбивание пробки механизмом пресса.

После остановки пресса прекращают подачу воды для охлаждения, выключают системы смазки и обеспыливания.

Признаки и причины нарушения качества буроугольных брикетов и необходимые мероприятия для их устранения приведены в табл. 8.

§ 2. Кольцевые прессы

1. Устройство пресса

Кольцевые прессы применяются для изготовления буроугольных брикетов повышенной плотности и прочности для последующего полукоксования, а также для брикетирования твердых бурых углей.

Кольцевой пресс состоит из кольца 1 (рис. 48), опирающегося на приводные ролики 2, и прессующего диска 3, эксцентрично расположенного внутри кольца и вращающегося вокруг оси 4. На внутренней поверхности кольца имеется паз, в который входит ребро 5 прессующего диска. Ребро диска разделяет паз на два канала 6, где происходит прессование сушенки. Нажатие диска на прессуемый материал осуществляется при помощи пружинно-гидравлического устройства. Для этого концы оси диска закреплены в головках вертикальных тяг 7, соединенных между собой внизу траверсой 8. На траверсу опирается коротким концом коромысло 9, которое может поворачиваться вокруг шарнира 10. Длинный конец коромысла опирается на пакет пружин 11, подвешенных на двух стяжных болтах 12, соединенных сверху с травер-

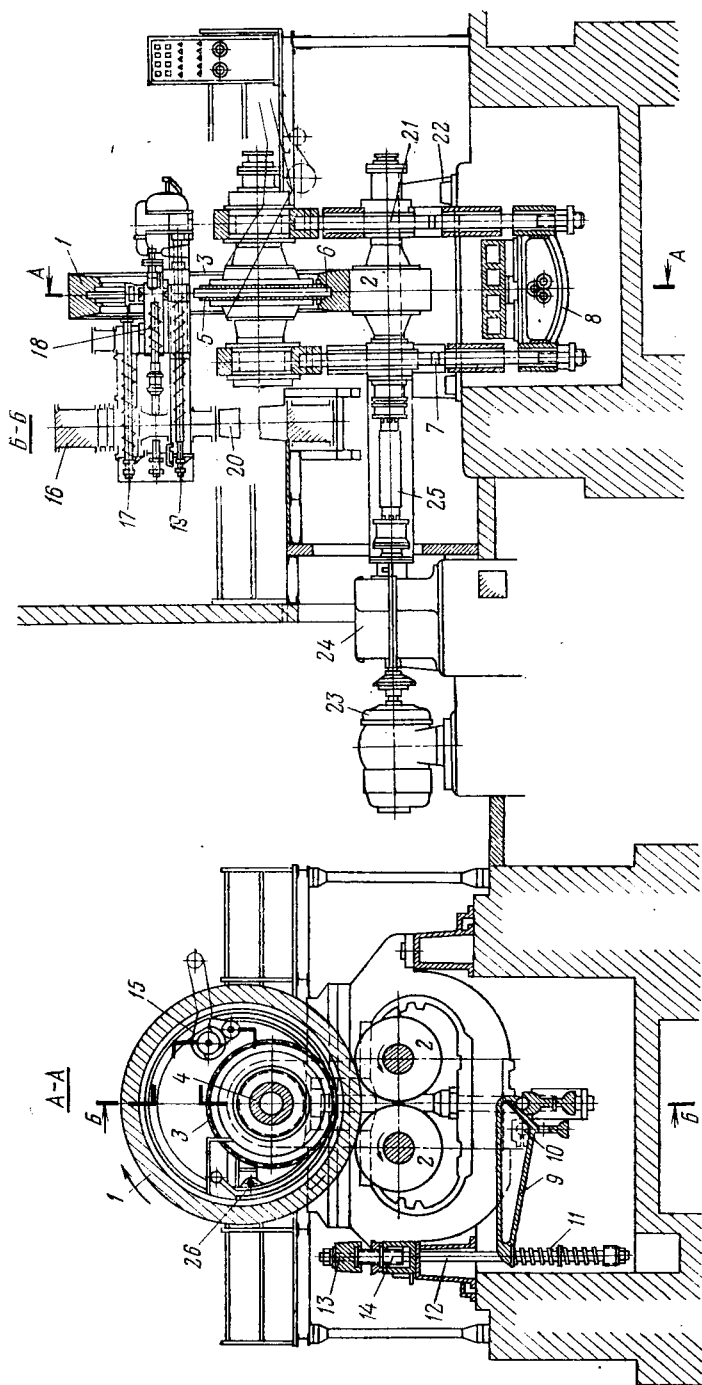


Рис. 48. Устройство кольцевого прессы

сой 13, опирающейся на поршень гидравлического домкрата 14, создающего давление до 400 т. Сушенка в каналы пресса подается двухкамерным центробежным питателем 15, в который она из цепного конвейера 16 поступает с помощью последовательно расположенных коротких винтовых конвейеров (шнеков) 17 и 18. Избыток сушенки отводится винтовым 19 и цепным 20 конвейерами.

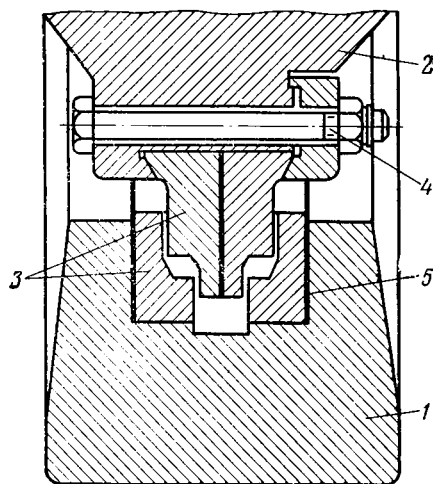


Рис. 49. Схема установки формовочных деталей кольцевого пресса:

1—прессовое кольцо; 2—прессующий диск; 3—формовочные сегменты; 4—стяжной болт; 5—прокладки для компенсации износа формовочных деталей

Шейки опорных роликов вращаются в сферических двухрядных подшипниках 21, расположенных в станине пресса 22. Вращение от приводного двигателя 23 к роликам передается через редуктор 24 и два промежуточных приводных вала 25, соединенных с роликами посредством соединительных муфт. Оба ролика вращаются в одну сторону с одинаковой скоростью и являются ведущими по отношению к прессовому кольцу. В верхней части кольца расположено разгрузочное устройство 26, состоящее из входящих в каждый канал пластин, отжимающих ленту от кольца

и разламывающих ее по насечкам на отдельные брикеты, которые затем по желобу выводятся на ленточный конвейер. Насечки на брикетной ленте образуются выступами, имеющимися на гребне прессующего диска.

Прессовое кольцо представляет собой массивную поковку из высококачественной стали. Внутри кольца вставлены 40 формовочных деталей, по 20 на одну сторону из износостойчивой стали, сделанные в виде сегментов и прикрепленные к кольцу болтами. Сегменты кольца в сборе образуют наружные стенки формовочных каналов. Прессующий диск изготавливается из стальной поковки. На внешней стороне диска зажимаются болтами формовочные сегменты, по 12 на каждую сторону, которые в сборе образуют внутренние стенки формовочного канала. Диск прочно закрепляется на валу и вращается вместе с ним.

Схема установки формовочных деталей кольцевого пресса показана на рис. 49.

Срок службы формовочных деталей на малозольных бурых углях составляет 6000—8000 ч, после чего их необходимо перешлифовать и устанавливать в кольцо или на диск с прокладками.

Давление прессования, развиваемое в кольцевых прессах, доходит до 3000 кгс/см².

2. Процесс прессования в кольцевом прессе

Под действием силы трения, возникающей в месте контакта приводных роликов и кольца, вращательное движение роликов передается прессовому кольцу. При вращении кольца сушенка затягивается в суживающиеся каналы между кольцом и диском и по-

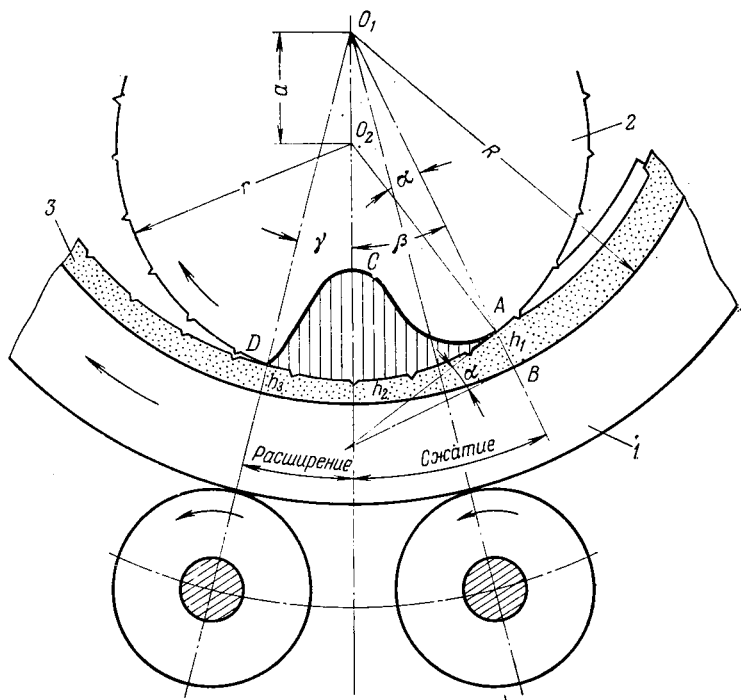


Рис. 50. Схема процесса обжатия материала и диаграмма давления прессования кольцевого пресса

следний, увлекаемый материалом, начинает поворачиваться вокруг своей оси. Таким образом вращательное движение от кольца через прессуемый материал передается прессуемому диску, который отдельного привода не имеет. По мере затягивания материала давление прессования постепенно возрастает и достигает наибольшего значения на линии центров, а затем постепенно уменьшается, и происходит непрерывная прокатка сушенки в каналах между цилиндрическими поверхностями прессового кольца и прессующего диска. В результате в каналах образуются две ленты брикетов, которые движутся вместе с кольцом.

Обжатие материала в прессе (рис. 50) происходит в подвижном матричном канале между внутренней цилиндрической поверх-

ностью прессового кольца 1 радиусом R и цилиндрической поверхностью диска 2 радиусом r . Процесс прессования начинается в точке A , где слой угля имеет начальную высоту h_1 . Положение точки A зависит от угла захвата угля α , образованного касательными к окружности диска и кольца в точках A и B . Величина угла захвата зависит от коэффициента трения угля по материалу кольца и диска и их размеров.

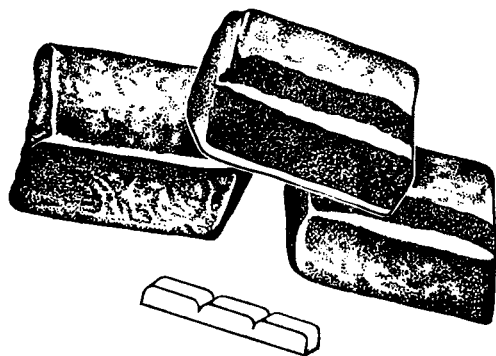


Рис. 51. Брикеты из кольцевого пресса

При совместном движении кольца и диска толщина слоя материала уменьшается, а давление прессования плавно увеличивается по кривой AC . На линии центров высота слоя достигает наименьшего значения h_2 , а давление прессования — наибольшего значения. При дальнейшем движении

кольца и диска происходит расширение брикетной ленты и давление падает, плавно изменяясь по кривой CD . В точке D брикетная лента 3 теряет соприкосновение с диском. Толщина ее в этой точке h_3 . Угол поворота кольца β называется углом обжатия, а угол γ — углом упругого расширения. Углы β и γ образуют угол прессования.

На кольцевых прессах брикетируется сушенка тонкого помола (0—1 мм) влажностью 7—9%, которая получается на специальных сушильно-размольных установках, работающих с инертной средой. Получаемые из такой сушенки брикеты непригодны как бытовое топливо, — они очень плотные и поэтому плохо горят, неустойчивы при хранении, так как теряют прочность при поглощении влаги из атмосферы до влагосодержания, соответствующего гигроскопической точке 17—18%.

Несмотря на ряд преимуществ (малый расход энергии, увеличенное время прессования и др.), кольцевые прессы распространения не получили и в настоящее время сохранились на нескольких установках за рубежом.

Брикеты, получаемые на кольцевых прессах, показаны на рис. 51.

Техническая характеристика двухленточного кольцевого пресса

Производительность, т/ч	10—15
Давление прессующего диска, тс	400
Удельное давление на линии центров, кгс/см ²	2000
Размеры прессового кольца, мм:	
диаметр	3300
ширина	600

Диаметр прессующего диска, мм	1720
Частота вращения прессового кольца, об/мин	5—10
Общая мощность двигателей, кВт	170
Расход электроэнергии на 1 т брикетов, кВт·ч	8—10
Габаритные размеры пресса, мм:	
длина	10 000
ширина	5200
общая высота	6800
Общая масса пресса, т	115.
Размеры брикетов, мм:	
длина	60—65
ширина	36—57
толщина	30—45
Масса брикетов, г	90—220.

§ 3. Вальцовые presses

1. Устройство вальцового пресса

Вальцовые presses применяются для брикетирования мелочи каменных и старых бурых углей со связующей добавкой. В настоящее время вальцовые presses находят широкое применение в других отраслях промышленности для брикетирования различных материалов: коксовой и полукоксовой мелочи, извести, доломита, различных солей, железной стружки, металлических порошков, колошниковой пыли, руд и др.

Вальцовый брикетный пресс (рис. 52) представляет собой агрегат, который состоит из следующих основных частей: смесителя (малаксера) 1, охладительного конвейера 2, распределительной чаши 3, собственно вальцового пресса 4, приводов смесителя 5 и валков 6.

Брикетирование на вальцевом прессе является непрерывным процессом. Подготовленная шахта — смесь угля и связующего — поступает непрерывно сверху в смеситель, в котором прогревается открытым паром и перемешивается. Под влиянием нагрева содержащееся в шихте связующее переходит в жидкое состояние и обволакивает угольные частицы тонкой пленкой.

Выходящая вниз смесителя горячая шихта поступает в охладительный винтовой конвейер, из которого направляется в распределительную чашу и затем в пространство над валками пресса. Вращающимися валками шихта затягивается в их ячейки и сжимается в брикеты, которые при дальнейшем повороте валков под действием упругих сил и собственной массы (веса) выпадают из раскрывающихся ячеек. Полученные брикеты охлаждаются.

Смеситель (рис. 53) представляет собой вертикальный цилиндр 1 диаметром 1,2—1,5 м, высотой 3—4 м из листовой стали толщиной 5—6 мм. В центре смесителя имеется вертикальный вал 2 вращающийся с частотой 16—20 об/мин с помощью конической шестерни 3. Внутри цилиндра на валу расположены 5—7 пар лопастей 4 для перемешивания шихты. В нижней части смесителя

имеется разгрузочное окно 5, закрываемое задвижкой 6, через которое шихта нижней лопастью 7 выгружается из смесителя в охлаждающий винтовой конвейер 8. Вращение вала конвейера осуществляется от вала смесителя с помощью конической зубчатой пары 9. Снаружи смеситель охватывает кольцевая труба 10, от кото-

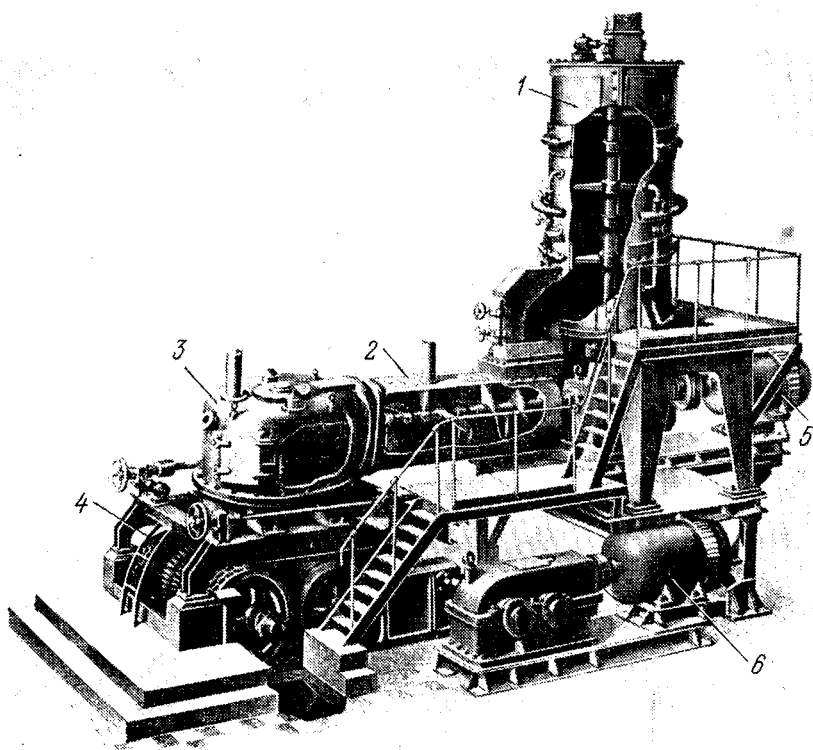


Рис. 52. Вальцовый брикетный агрегат

рой внутрь смесителя входят патрубки, для подачи перегретого пара давлением до 10 кгс/см^2 и температурой $300\text{--}350^\circ \text{C}$. Изменением степени раскрытия разгрузочного окна 5 задвижкой 6 регулируется скорость продвижения шихты и время ее пребывания в смесителе, которое составляет 8—10 мин. Расход пара составляет 150—200 кг на 1 т брикетов. Вследствие конденсации в смесителе части пара шихта увлажняется на 3—4%.

Охлаждающий конвейер служит для транспортирования шихты из смесителя в распределительную чашу и некоторого охлаждения шихты перед прессованием. Конвейер состоит из полу-

круглого металлического желоба, в котором вращается вал с установленными на нем в виде спирали лопатками. На конце вала имеется зубчатая коническая пара, которая приводит во вращение мешалку распределительной чаши. Длина охлаждающего конвейера зависит от свойств применяемого связующего. Она составляет 1,5—2 м при брикетировании с песком и до 3 м при брикетировании с нефтебитумами. Иногда устанавливаются последовательно несколько конвейеров. У прессов большой производительности устанавливаются два параллельно расположенных одновальных или двухвальных охлаждающих конвейера.

Охлаждение шихты происходит главным образом за счет расхода тепла на испарение из нее влаги. В результате охлаждения на 10—15° С и уменьшения влажности на 1,5—2% шихта при прессовании лучше схватывается.

Распределительная чаша (рис. 54) служит для равномерной загрузки валцов пресса шихтой и представляет собой цилиндр 1 из листовой стали емкостью 0,5—1 т. В дне чаши над каждой парой валцов имеются отверстия 2, через которые шихта поступает в камеру загрузки и на прессование. Внутри чаши вращается с частотой 26—30 об/мин четырехлопастная мешалка 3, которая распределяет шихту по отверстиям.

Раскрытие загрузочных отверстий в чаше регулирует задвижка 4, соединенная с металлическими тягами, концы которых с винтовой резьбой проходят через переднюю стенку вальцового пресса и имеют на концах регулировочные маховички 5.

Для регулирования поступления шихты по ширине прессующих валцов внизу под чашей в камере загрузки установлены планки — отражатели 6, перемещение которых осуществляется с помощью винтов, аналогично перемещению загрузочных задвижек.

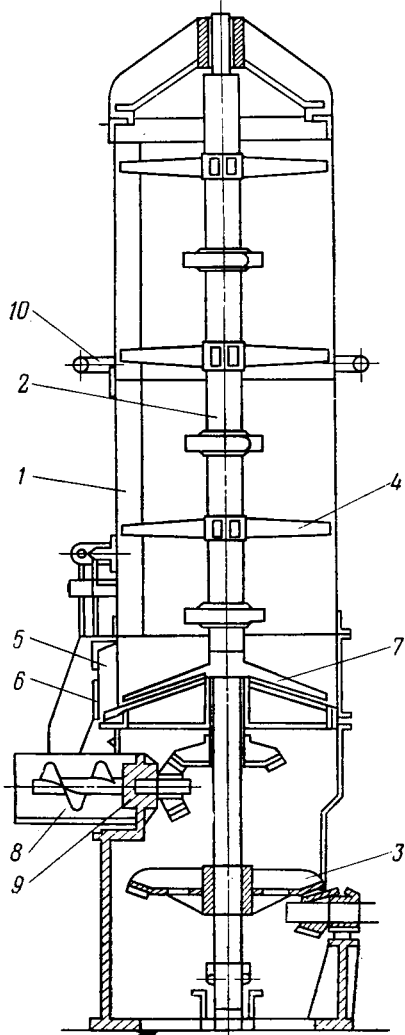


Рис. 53. Смеситель

Собственно вальцовый пресс состоит из сварной станины, на которой смонтированы два вращающихся навстречу друг другу прессующих вала. Для обеспечения необходимого зазора

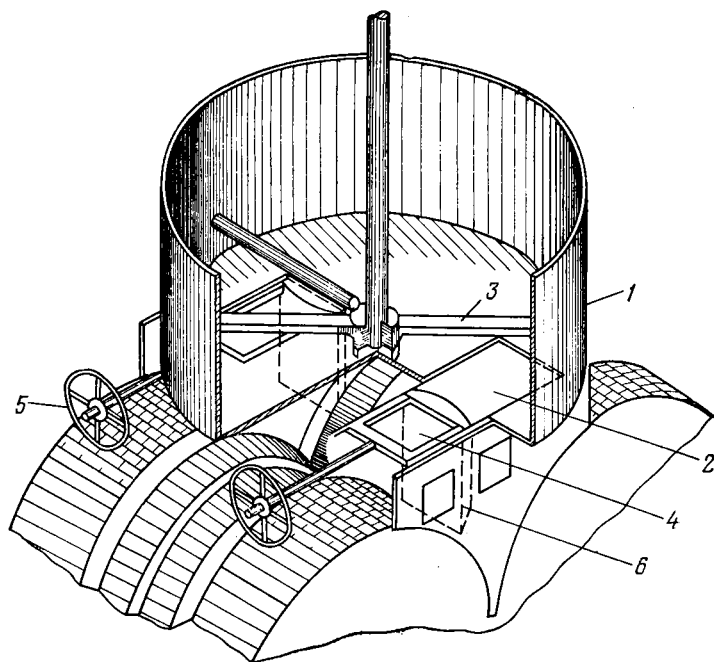


Рис. 54. Схема устройства распределительной чаши

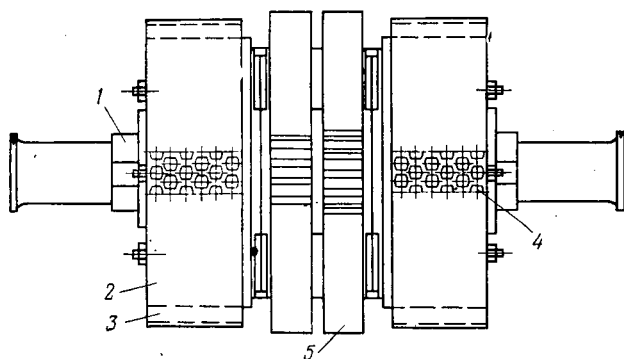


Рис. 55. Валок пресса

между вальцами их валы сжимаются пружинным или гидравлическим нажимным устройством. Валок пресса (рис. 55) состоит из вала 1, концы которого выполняются в виде цапф, расположенных в подшипниках на корпусе станины пресса. На каждом валу за-

крепляется один или два барабана — вальца 2, соответственно этому различаются двух- или четырехвальцовые прессы. На вальцы в горячем состоянии насаживаются кольца — бандажы 3. На внешней поверхности бандажей выфрезерованы в шахматном порядке углубления — ячейки 4, в которых при прессовании образуются брикеты. Бандажы изготавливаются из легированной износостойчивой стали. Вместо сплошного кольца бандажы могут выполняться в виде отдельных сегментов, закрепляемых на вальцах. Между вальцами расположены зубчатые колеса 5, с помощью которых передается вращение на валки от привода прессы. У прессов небольшой производительности вращение валцов и валов смесителя и охлаждающего шнека осуществляется от общего привода. Прессы большой производительности имеют самостоятельные приводы вала смесителя и вала охлаждающего шнека.

2. Процесс прессования на вальцовом прессе

Образование брикетов на вальцовом прессе (рис. 56) происходит в результате сжатия материала, затягиваемого в сужающееся пространство между вращающимися вальцами. По мере сужения этого пространства и сближения ячеек шихта уплотняется, давление прессования возрастает и достигает максимального значения на линии центров в момент наибольшего сближения ячеек на вальцах.

Процесс сжатия материала начинается в положении 1—1 и заканчивается в положении 2—2. Давление прессования возрастает по линии 1—4 от нуля до максимального значения P . За линией центров $x—x$ начинается упругое расширение брикетов, которое заканчивается в положении 3—3 и давление падает по линии 4—3 от P до 0.

В вальцовом прессе в отличие от других прессов происходит двусто-

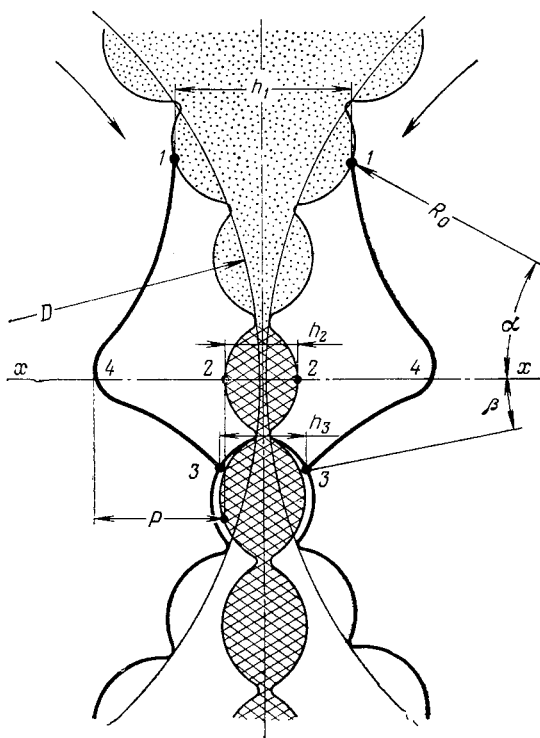


Рис. 56. Схема процесса образования брикетов и диаграмма давления прессования вальцового прессы

ропнее обжатие материала. Эпюры изменения давления на каждый валок одинаковы.

Степень уплотнения шихты и упругого расширения брикетов выражаются уравнениями:

$$h_1 - h_2 = 2R_0(1 - \cos \alpha) = D_0(1 - \cos \alpha);$$

$$h_3 - h_2 = 2R_0(1 - \cos \beta) = D_0(1 - \cos \beta),$$

где h_1 — толщина слоя шихты в положении $I-I$ (см. рис. 56), определяемая углом захвата шихты вальцами, который зависит от свойств шихты, коэффициента ее внутреннего трения и коэффициента трения шихты о поверхность валцов и др.; h_2 — толщина брикетов в момент наибольшего сжатия на линии центров; R_0 и D_0 — условные радиус и диаметр окружности расположения ячеек; α — угол зоны обжатия, составляющий $7,5-9,5^\circ$; h_3 — толщина брикетов на выходе из валцов; β — угол зоны упругого расширения брикетов, составляющий $3-4,5^\circ$.

Время прессования на вальцовом прессе определяется по уравнению

$$\tau = \frac{\pi D_0}{v},$$

где v — окружная скорость валцов, составляющая $0,35-0,7$ м/с.

Процесс прессования брикетов в вальцовом прессе продолжается $0,4-0,45$ с, из которых $0,3-0,35$ с приходятся на нарастание и $0,1$ с на снятие давления.

Давление прессования в вальцовых прессах может достигать 500 кгс/см². Для брикетирования углей со связующими добавками достаточно давление $150-250$ кгс/см². С увеличением давления прессования уменьшается расход связующего, повышается прочность брикетов, но одновременно возрастает износ бандажей.

На давление прессования, создаваемое в вальцовом прессе, влияет ряд факторов. Оно возрастает с увеличением диаметра валцов. При брикетировании угольных шихт диаметр валков принимается $800-1200$ мм.

С увеличением слоя шихты в загрузочной камере над вальцами давление также увеличивается. При недостаточной подаче шихты брикеты получаются плохо пропрессованными, с шероховатой поверхностью. Усилие, создаваемое вальцовым прессом, рассчитывается обычно на 1 см ширины вальца.

С уменьшением размера ячеек давление прессования возрастает при одновременном уменьшении производительности пресса.

Давление прессования зависит от упругих свойств брикуетируемого материала и возрастает с увеличением плотности материала и его насыпной массы. Предварительное уплотнение увеличивает давление, что дает возможность получать прочные плотные брикеты из рыхлого материала.

Для материалов, имеющих малую насыпную массу, при необходимости получения повышенного давления прессования применяется предварительное уплотнение шихты подпрессовщиком (рис. 57).

Давление прессования уменьшается с увеличением зазора между вальцами. Нормальный зазор между вальцами должен быть 1—2 мм. С изнашиванием бандажей зазор возрастает, что отрицательно сказывается на процессе прессования и качестве брикетов. Кроме уменьшения давления прессования, увеличивается количество пропускаемой шихты, сокращается время подготовки ее в смеси-теле, увеличивается возврат провалившейся между вальками шихты, и для получения требуемой прочности брикетов необходимо увеличивать расход связующего.

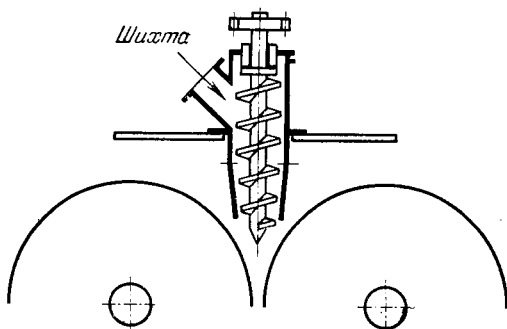


Рис. 57. Схема устройства шнекового подпрессовщика

На вальцовых прессах изготавливаются брикеты подушкообразной или яйцевидной формы массой 60—80 г.

При нормальной работе пресса выпадающие из ячеек брикеты имеют гладкую блестящую поверхность, при падении не разрушаются. При дальнейшем охлаждении и затвердевании связующего брикеты приобретают необходимую прочность.

Техническая характеристика вальцовых прессов производительностью 50 т/ч

Сила сжатия вальцов, тс	200
Рабочее давление в системе гидроподжима, кгс/см ²	325
Размеры вальцов, мм:	
диаметр	1000
рабочая ширина	550
Число вальцов	4
Частота вращения вальцов, об/мин	12—13
Мощность привода, кВт	90

§ 4. Расчет производительности прессового цеха

Производительность прессового цеха, оборудованного штемпельными прессами, определяется по формуле

$$Q = \frac{z}{1000} 60 \cdot 24 q n \eta = 1,44 z q n \eta,$$

где Q — суточная производительность фабрики по брикетам, т/сутки; z — число штемпелей; q — масса (вес) одного брикета,

кг; n — частота вращения вала пресса, об/мин; η — коэффициент использования прессов (по времени из расчета 365 дней в году), %.

Потребное число штемпелей

$$z = \frac{Q}{1,44qn\eta},$$

где n определяется непосредственным замером или принимается исходя из опытных данных ($n=60\div 120$ об/мин); q определяется замером или принимается на основании производственных данных, или вычисляется по формуле

$$q = \frac{\gamma h F}{1000},$$

где γ — плотность брикета, г/см³; h — толщина (ширина) брикета, см; F — площадь ударной поверхности брикета, см².

Коэффициент использования прессов определяется по формуле

$$\eta = \frac{100 - C}{100} \left(1 - \frac{t_c}{24t_p} \right),$$

где C — простой прессов в ремонте, % к суточной производительности (для одноштемпельных прессов C принимается 10%, для многоштемпельных — 6%); t_c — время, затрачиваемое на смену пресс-форм, ч (одноштемпельные прессы 0,75—1,5 ч, двухштемпельные 1,5—2,5 ч, четырехштемпельные — до 4 ч); t_p — продолжительность работы пресс-форм, сутки.

При замене пресс-форм с помощью машины время сокращается в 4 раза. Продолжительность работы пресс-форм зависит в основном от абразивных свойств угля и материала пресс-форм и колеблется от 4(5) до 10(15) суток.

Приведенные формулы определения производительности прессового цеха и числа штемпелей применимы, если цех оборудован однотипными прессами, вырабатывающими одинаковые брикеты. Если на фабрике установлены разнотипные прессы, производящие различные по размеру брикеты и работающие с разным числом оборотов, расчет ведут отдельно для каждой группы прессов.

Пример. На фабрике производительностью 3000 т/сутки предназначены к установке 6 четырехштемпельных прессов (площадь ударной поверхности штемпеля 170 см²) и остальные двухштемпельные прессы (площадь ударной поверхности штемпеля 136 см²).

Определить потребное число двухштемпельных прессов, если $n_1=80$ об/мин; $n_2=90$ об/мин; $\gamma=1,15$ г/см³; $h=50$ мм; $F_1=170$ см²; $F_2=136$ см²; $t_p=5$ суток.

Производительность четырехштемпельных прессов

$$Q = 1,44z_1qn\eta_1,$$

где

$$q_1 = \frac{1,15 \cdot 50 \cdot 170}{1000 \cdot 10} = 0,977 \text{ кг};$$

$$\eta_1 = \frac{100 - 6}{100} \left(1 - \frac{4}{24 \cdot 5} \right) = 0,908\%.$$

Тогда

$$Q = 1,44 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 0,977 \cdot 80 \cdot 0,908 = 2450 \text{ т/сутки.}$$

Общая производительность двухштемпельных прессов

$$Q_2 = 3000 - 2450 = 550 \text{ т/сутки.}$$

Число штемпелей для двухштемпельных прессов

$$z_2 = \frac{Q_2}{1,44 q_2 n_2 \eta_2},$$

где

$$q_2 = \frac{1,15 \cdot 50 \cdot 136}{1000 - 10} = 0,782 \text{ кг;}$$

$$\eta_2 = \frac{100 - 6}{100} \left(1 - \frac{2}{24 \cdot 5} \right) = 0,924 \text{ \%}.$$

Тогда

$$z_2 = \frac{550}{1,44 \cdot 0,782 \cdot 90 \cdot 0,924} = 5,9.$$

К установке принимаем три двухштемпельных пресса.

Производительность цеха, оборудованного вальцовыми прессами, определяется по формуле

$$Q = 0,00006 q m n L \eta, \text{ тч,}$$

где q — масса брикета, г; m — число ячеек в бандеже; n — частота вращения вальцов, об/мин; L — число прессов; η — коэффициент использования прессов, % к суточной производительности (принимается из расчета, что для ремонта обычно предусматривается резерв из одного прессового агрегата).

Производительность цеха, оборудованного кольцевыми прессами, определяется по формуле

$$Q = 8,64 F v \gamma z L \eta, \text{ т/сутки,}$$

где F — площадь поперечного сечения брикетной ленты, $F = 11 \div 25 \text{ см}^2$; v — скорость движения брикетной ленты, $v = 0,27 \div 0,96 \text{ м/с}$; γ — плотность насыпной массы брикетов, которая для молодых бурых углей составляет $1,15 - 1,17 \text{ г/см}^3$; z — число каналов в прессе (1—2); L — число кольцевых прессов; η — коэффициент использования прессов, % (принимается из расчета, что на ремонт и смену пресс-форм обычно предусматривается один резервный пресс).

Глава IX

ОХЛАЖДЕНИЕ, ПОГРУЗКА И СКЛАДИРОВАНИЕ БРИКЕТОВ

§ 1. Охлаждение буроугольных брикетов

Брикеты после изготовления, отправляемые на склад или потребителю железнодорожным транспортом, необходимо охлаждать. Брикеты для технологических целей, т. е. идущие непосредствен-

но после изготовления на переработку и прессуемые обычно из не-охлажденной сушенки пониженной влажности, охлаждению не подвергаются. Температура брикетов на 10—20° С выше температуры прессуемой сушенки и после выхода их из пресса составляет 65—75° С. При брикетировании твердых бурых углей и прессовании горячей сушенки температура брикетов доходит до 80—90° С. Максимальную прочность брикеты имеют после их охлаждения.

При погрузке в вагоны или складировании горячих брикетов образуется повышенное количество боя и крошки. Брикеты, погруженные в вагоны, медленно отдают тепло и внутри вагона на

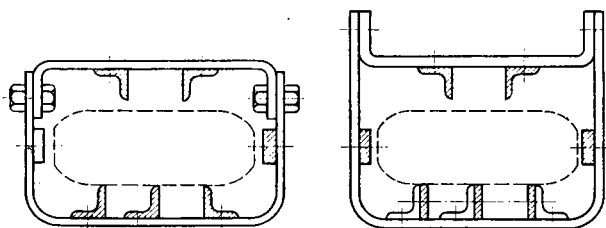


Рис. 58. Разрез охлаждающего желоба

глубине 40—50 мм продолжительное время сохраняется повышенная температура, при которой происходит испарение влаги из брикетов, их усадка, ослабление структуры и снижение прочности.

При погрузке в вагоны недостаточно охлажденных брикетов температура их может повышаться вследствие интенсивного поглощения горячим углем кислорода воздуха и образования дополнительного тепла. Повышение температуры внутри погруженных брикетов до 60° С является уже опасным в отношении их самовозгорания. Для предупреждения самовозгорания брикетов и сохранения их механической прочности после погрузки температура внутри погруженных в вагон брикетов не должна превышать 40° С.

Интенсивность охлаждения отдельного брикета зависит от его размера. Брикеты более крупного формата охлаждаются медленнее, чем мелкие брикеты. Кроме того, теплопроводность и проницаемость для водяных паров у буроугольных брикетов, изготавливаемых на штемпельных прессах, не одинакова для различных поверхностей брикета. Они больше со стороны ударных поверхностей и значительно меньше со стороны плотных, боковых глянцевых поверхностей.

Охлаждение в желобах применяется на старых фабриках для брикетов, изготавливаемых на штемпельных прессах.

Выходящая из пресса лента плотно сжатых брикетов проталкивается по желобу из уголкового железа (рис. 58) и охлаждается окружающим воздухом. Вследствие медленной теплоотдачи через боковые поверхности для охлаждения брикетов необходимо

от 2,5 до 4 ч. Для обеспечения этого времени общая длина охлаждающего желоба должна составлять 400—600 м. Протолкнуть брикеты по желобу на такую длину не представляется возможным и поэтому вместо одного длинного желоба устраивается батарея из 6—12 желобов длиной 60—80 м (рис. 59). После заполнения одного желоба брикетная лента с помощью короткого поворотного желоба переключается вручную на другой желоб. После последовательного заполнения всей батареи лента брикетов снова направляется в первый желоб, выталкивая из него на конвейер охлажденные брикеты, поступающие на погрузку. Сверху над батареей для защиты брикетов от солнечных лучей и осадков устраивается навес из асбоцемента с продольным фонарем для лучшей циркуляции воздуха.

Увеличение расхода энергии на проталкивание брикетов по охлаждающему желобу невелико и составляет для желобов длиной 60—110 м от 2,1 до 4,8% расхода энергии прессом без желобов. Охлаждение брикетов в плотно сжатой ленте увеличивает их прочность по сравнению с прочностью при охлаждении на конвейере на 25—30%.

Недостатки способа: высокая стоимость обслуживания, связанная с необходимостью периодического (через 10—20 мин) переключения вручную ленты брикетов с одного желоба на другой, при этом брикетная лента прерывается и часть брикетов (5—10 шт.) выпадает из потока и накапливается у батареи или поступает на ленту боя; образование брикетной крошки при движении брикетов по желобам и затраты на ее уборку; дополнительная ручная работа по очистке желобов при запуске пресса после длительной остановки или при заштыбовке желобов; громоздкость конструкции и большой расход металла.

На зарубежных фабриках применяются охлаждающие установки, в которых желоба расположены по окружности и вся батарея по мере заполнения каждого желоба автоматически поворачивается через каждые 15 мин. Перед поворотом батареи на участке в конце направляющего и в начале охлаждающего желобов на длине 1—1,5 м лента брикетов автоматически работающим механизмом проталкивается вперед. При образовавшемся разрыве ленты батарея поворачивается и новый желоб с охлажденными брикетами становится против пресса.

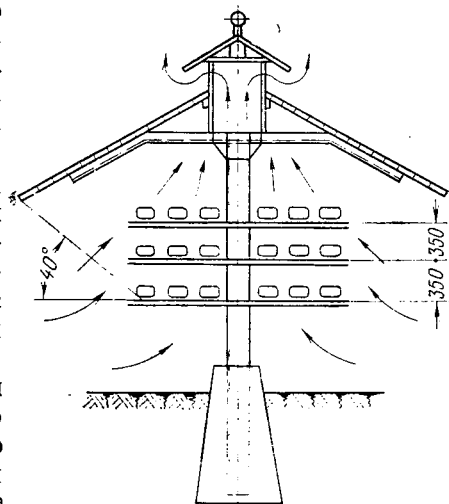


Рис. 59. Батарея охлаждающих желобов

Охлаждение на сетчатых или ленточных конвейерах заключается в том, что брикеты после пресса поступают на сетчатый или резиновый ленточный конвейер, лента которого имеет незначительную скорость. Располагаясь на конвейере отдельно друг от друга, брикеты охлаждаются со всех сторон. Время охлаждения при этом снижается до 40—60 мин. Для уменьшения длины конвейера используются обе его ветви.

Основной недостаток способа состоит в том, что вследствие интенсивного выделения водяных паров горячими брикетами на их поверхности образуются усадочные трещины, снижающие прочность брикетов и увеличивающие образование крошки и боя, что особенно наблюдается при брикетировании сушенки повышенной влажности или при значительной неравномерности во влагосодержании отдельных классов крупности. Этот способ применяется в основном для охлаждения мелких брикетов.

Комбинированный способ является наиболее распространенным и заключается в том, что брикеты по выходе из штемпельного пресса сначала охлаждаются в одном желобе или в батарее из нескольких желобов, а затем на охлаждающем резиновом ленточном или сетчатом конвейере.

На современных фабриках при хорошем охлаждении сушенки перед прессованием вместо батареи желобов применяется один желоб длиной до 80 м, а затем брикеты охлаждаются на охлаждающем конвейере.

Достоинство комбинированного способа — хорошее охлаждение брикетов и удовлетворительная их прочность. Недостатки — громоздкость и высокая стоимость сооружения, образование значительного количества крошки, особенно под конвейером, если он сетчатый.

Для удобства уборки брикетной крошки под желобами, а также в местностях с большими снегопадами охлаждающие желоба устанавливают на высоте 2,5—3 м от земли. Для их обслуживания устраивают мостики.

Время охлаждения при комбинированном способе складывается из времени охлаждения в желобах, на конвейере и транспортировании от охлаждающего конвейера до погрузки. Оно определяется по формуле

$$T = \frac{1000li}{nh} + \frac{2L}{60v_c} + \frac{L_{\text{общ}}}{60v_d},$$

где T — общее время охлаждения, мин; l — длина охлаждающего желоба, м; i — число охлаждающих желобов на один штемпель; n — число ударов штемпеля в 1 мин; h — толщина брикетов, мм; L — длина охлаждающего конвейера, м; v_c — скорость движения охлаждающего конвейера, м/с; $L_{\text{общ}}$ — общая длина ленточных конвейеров от конца сетчатого конвейера до погрузки брикетов в вагоны, м; v_d — скорость движения ленточных конвейеров, м/с.

§ 2. Охлаждение каменноугольных брикетов

Каменноугольные брикеты по выходе из прессов имеют температуру 65—80° С. После отделения мелочи на колосниковых решетках брикеты поступают на охлаждающий ленточный или сетчатый конвейер. Длина ленточного конвейера принимается не менее 100 м. Для отсоса пара и улучшения охлаждения над конвейером прокладывается воздухопровод вытяжной вентиляции с зонтами. На конвейере брикеты охлаждаются до 50—55° С и для окончательного охлаждения поступают на рампу.

Рампа (рис. 60) является одновременно и аккумулялирующей емкостью. Она сооружается в одном здании с погрузочным пунктом брикетов и представляет собой невысокие бункера с наклонным дном.

Поступающие на рампу брикеты конвейером 1 подаются на загрузочную тележку 2, а затем стрелой 3, перемещаемой в вертикальном направлении лебедкой 4, распределяются по длине ramпы. Наклонное дно ее имеет колосниковые решетки 5, через которые в жаркое время дополнительно продувается воздух.

Охлажденные на рампе брикеты по наклонной площадке 6 с помощью разгрузочной тележки с дисковым выталкивателем 7 подаются на конвейер 8 и стрелой 9 грузятся в вагоны. Стрела в вертикальном направлении перемещается лебедкой 10. Отсев мелочи и боя брикетов производится на грохоте 11 и возвращается в технологию конвейерами 12 и 13. Вагоны при погрузке находятся на весах 14. Емкость ramпы доходит до 600 т.

§ 3. Охлаждающие конвейеры

Охлаждающие конвейеры применяются для охлаждения бу-роугольных и каменноугольных брикетов, иногда с одновременным их транспортированием до места погрузки. Изготавливаются они только плоскими. Скорость ленты охлаждающего конвейера выбирается исходя из необходимого времени охлаждения и обычно принимается 0,1—0,2 м/с. Из практики эксплуатации сетчатых конвейеров на брикетных фабриках при скорости движения ленты 0,1 м/с получена следующая зависимость производительности конвейера от ширины ленты:

Ширина ленты, мм	1000	1200	1400	1600	2000
Производительность конвейера, т/сутки	300	400	550	750	1000

На фабриках большой производительности сооружается несколько конвейеров. Длина конвейера определяется расчетом в зависимости от необходимого общего времени охлаждения брикетов, продолжительности охлаждения в желобах и климатических условий района.

Максимальная длина конвейера зависит от силы тяги и толщины проволоки. Обычно она составляет 240—300 м.

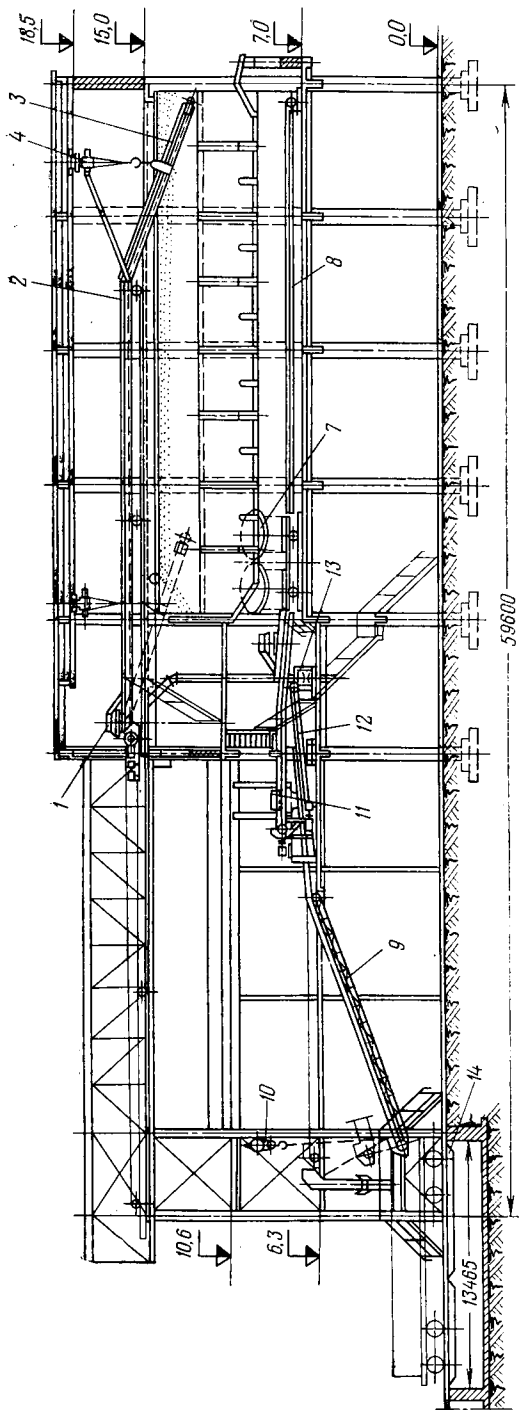
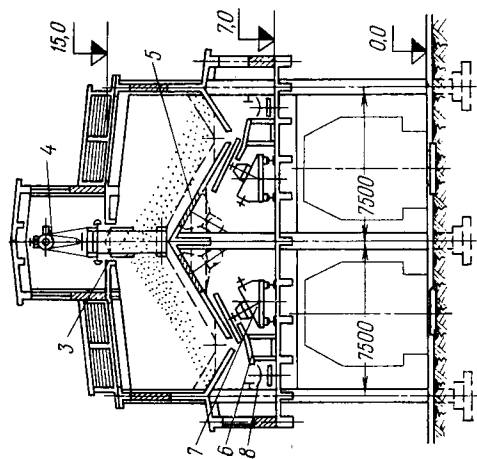


Рис. 60. Устройство ramпы



Приводной барабан конвейера изготавливается стальным или чугунным и снаружи футеруется деревом. Диаметр барабана принимается равным 200—250 диаметрам проволоки сетчатой ленты. Ввиду большого диаметра барабана разгрузка конвейера не может производиться через барабан и осуществляется на сторону. Вследствие значительной ширины и малой скорости ленты во избежание накопления брикетов на ленте перед сбрасывателем разгрузка ленты осуществляется подвижным сбрасывателем. У конвейера шириной 1400 мм и более разгрузка конвейера производится на обе стороны двумя взаимно перпендикулярно расположенными сбрасывателями.

Подвижной сбрасыватель представляет собой бесконечную ленту или цепь с выступающими захватами. Осевые подшипники ленты и приводной мотор с редуктором крепятся на раме, установленной над конвейером. Скорость движения ленты сбрасывателя 0,6 м/с.

Охлажденные конвейеры устанавливаются под навесом или в специальной галерее с большими открытыми проемами по бокам для хорошего обдувания брикетов воздухом и предохранения их от воздействия солнечных лучей и атмосферных осадков, а ленты — от коррозии.

§ 4. Погрузка и складирование брикетов

После охлаждения брикеты ленточными конвейерами подаются на погрузочный пункт фабрики для погрузки в железнодорожные вагоны или при отсутствии последних направляются на склад.

Основными требованиями к устройству и оборудованию сооружений для транспортирования, погрузки и складирования готовых брикетов являются минимальное количество перегрузок и небольшая высота перепада брикетов для уменьшения образования мелочи и боя.

Погрузка брикетов осуществляется в открытые вагоны с помощью стационарных погрузочных стрел. Конец наклонного участка погрузочной стрелы может опускаться до дна вагона и подниматься затем по мере загрузки вагона. Стрела перемещается вдоль железнодорожного пути, производя постепенно загрузку вагона на всю его длину. Для контроля за загрузкой под каждой стрелой устанавливают вагонные весы, вагон во время загрузки находится на весах. Перемещение вагонов осуществляется лебедкой. Управление механизмами производится дистанционно оператором с пункта управления.

Для обеспечения непрерывной работы брикетной фабрики сооружаются склады брикетов.

На небольших фабриках склад сооружается для накопления продукции и предотвращения простоя вагонов в связи с периодичностью отгрузки. На крупных фабриках погрузка брикетов в вагоны производится, как правило, минуя склад, сразу после охлаждения, и склад необходим только как аккумулялирующая емкость при

недостаточном поступлении или временном прекращении подачи вагонов.

Емкость складов принимается из расчета 3—5-суточной производительности фабрики. Производительность оборудования по загрузке склада должна быть не меньше производительности фабрики.

На буроугольных брикетных фабриках для защиты брикетов от атмосферных осадков и солнечных лучей устраиваются склады закрытого типа. Склад (рис. 61) представляет собой крытое неотапливаемое здание, верхняя часть боковых стен которого сделана из асбофанерных или металлических листов. Внизу боковые стенки склада имеют угол наклона 45° и вымощены камнем. Вверху вдоль всего склада проходит подвесная галерея с распределительным конвейером 1 и сбрасывателем, который может передвигаться вдоль конвейера. Ниже галереи проходит ферма передвижного погрузочного моста 2 с перегружателем брикетов 3. Вдоль склада ниже уровня пола имеется тоннель с ленточным конвейером 4 для выдачи брикетов со склада. Над конвейером расположена передвижная погрузочная машина 5 для разгрузки склада.

Плоским распределительным конвейером, а затем подвижным сбрасывателем, который может перемещаться вдоль конвейера, брикеты передаются в желоб и направляются им на погрузочный мост с перегружателем, имеющим подвижную погрузочную стрелу. Конец погрузочной стрелы перегружателя может перемещаться в вертикальном направлении и поворачиваться по окружности радиусом до 10 м. Это дает возможность производить загрузку склада слоями на всю его ширину при небольшой высоте падения брикетов, что снижает до минимума образование боя. Высота штабеля брикетов принимается 5—6 м. Перегружатель управляется дистанционно из будки управления мостом.

Техническая характеристика перегружателя

Производительность, т/ч	42
Размеры конвейера, мм:	
длина	11 500
ширина ленты	800
Скорость конвейера, м/с	0,5
Вылет стрелы в горизонтальном направлении, мм	10 200
Угол наклона конвейера к горизонту, градусов	0—20
Скорость подъема стрелы (в точке подвески), м/с	8,5
Окружная скорость поворота на конце стрелы, м/с	0,5
Мощность электродвигателя, кВт	
привода	2,7
поворота стрелы	2,7
подъема стрелы	5,8
Масса поворотной фермы с подъемной стрелой, кг	13 500

При загрузке склада продольный туннель с разгрузочным конвейером закрывается сверху поперечными деревянными досками или металлическими пластинами. Разгрузка склада осуществляется погрузочной машиной, захватывающей брикеты подвижной

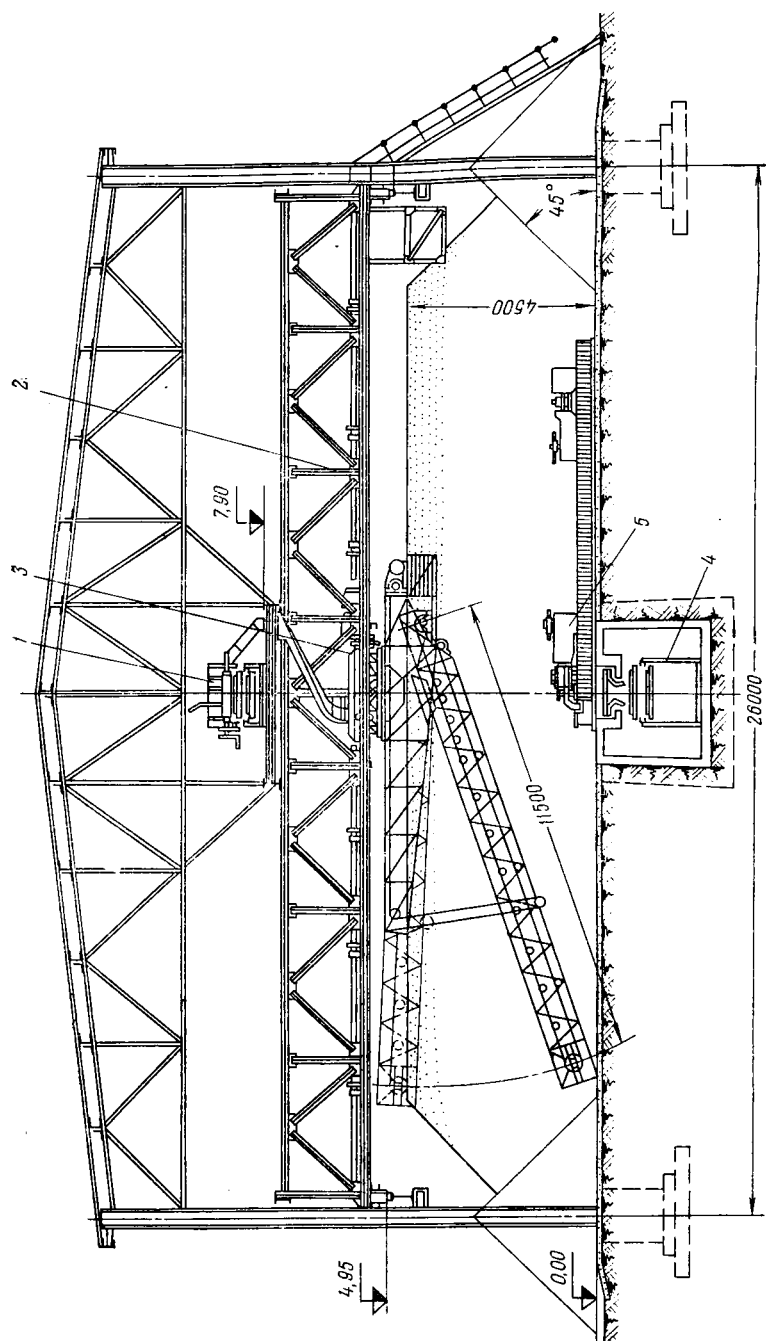


Рис. 61. Устройство склада для буроугольных брикетов

пластинчатой лентой у основания штабеля и передающей их в тоннель на конвейер, транспортирующий брикеты на погрузку в вагоны. По мере продвижения погрузочной машины освобождающаяся от брикетов часть тоннеля открывается.

Машина для погрузки брикетов со склада на конвейер (рис. 62) состоит из верхней и нижней тележек. Верхняя тележка

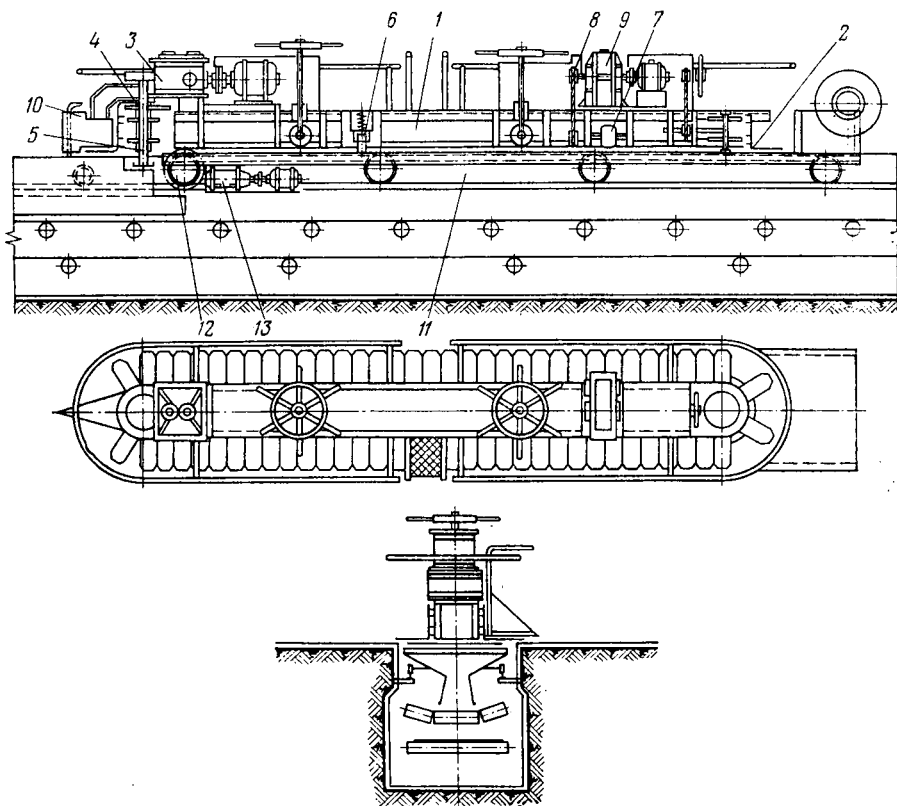


Рис. 62. Машина для разгрузки склада

представляет собой поворотную раму 1, вокруг которой вращается рабочий транспортирующий орган машины — пластинчатая лента 2, приводимая в движение от электродвигателя через редуктор 3, зубчатое колесо 4 и две звездочки на валу 5. Лента состоит из отдельных пластин, согнутых под прямым углом и соединенных между собой двумя роликовыми цепями. Рабочей поверхностью ленты одновременно являются вертикальная и горизонтальная части пластин.

Поворотная рама одним концом опирается на пята нижней тележки, вокруг которой вся верхняя тележка может поворачиваться

на угол до 360°. Остальная часть рамы опирается на ролики 6 и 7, с помощью которых верхняя тележка перемещается по поверхности склада. Ролик 7 приводится в движение от электродвигателя через редуктор 9 и текстропную передачу 8. Брикеты с пластинчатой ленты сбрасывателем 10 подаются в воронку, установленную на роликах на общий рельсовый путь машины и соединенную с рамой нижней тележки машины. Нижняя ходовая тележка 11, несущая верхнюю тележку, устанавливается на рельсовом пути в траншее разгрузочного конвейера и приводится в движение от электродвигателя через редуктор 13 и зубчатую передачу 12.

Верхняя тележка подводится вплотную к штабелю, брикеты захватываются пластинчатой лентой и подаются через приемную воронку на конвейер, которым транспортируются на погрузку. Для нормальной работы машины склад должен быть хорошо спланирован и забетонирован с минимальными неровностями.

Техническая характеристика погрузочной машины завода «Свет шахтера»

Производительность, т/ч	75,0
Скорость, м/с:	
передвижения тележки	0,21
пластинчатой ленты	0,36
поворота верхней рамы на приводном ролике	0,20
Расстояние между осями звездочек пластинчатой ленты, мм	8500
Плотность насыпной массы брикетов, т/м³	0,85
Мощность электродвигателя, кВт:	
ходовой тележки	3,8
привода пластинчатой ленты	11
поворота рамы	2,7
Угол поворота стрелы от положения, совмещенного с тележкой, градусов	100
Габаритные размеры, мм:	
длина	11 220
ширина (в совмещенном положении)	1500
высота	1700
Масса, т	7,45

Потребное количество машин для погрузки брикетов определяется из условия, что часовая производительность одновременно работающих машин должна соответствовать часовой производительности фабрики; 1—2 машины должны быть в резерве.

Глава X

ОБЕСПЫЛИВАНИЕ И ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ

Процесс брикетирования сопровождается образованием большого количества угольной и пековой пыли. Часть этой пыли, несмотря на герметизацию оборудования, может проникать в производственные помещения. Взвешенная в воздухе и осевшая на кон-

струкциях зданий и оборудовании угольная и пековая пыль является причиной взрывов и пожаров на фабриках, а также причиной профессиональных заболеваний.

Для уменьшения выделения пыли в производственные помещения фабрики пылеобразующее оборудование заключается в пыленепроницаемые кожухи, в которых создается вакуум вследствие отсоса запыленного воздуха, который перед выбросом в атмосферу подвергается очистке от пыли. Отсасывание запыленного воздуха и газов от отдельных машин и агрегатов называется обеспыливанием, а очистка их от пыли — пылеулавливанием.

Улавливание пыли на фабриках осуществляется сухими, мокрыми и комбинированными способами. При сухом способе улавливание пыли осуществляется в циклонах, батарейных циклонах и электрофильтрах. Достоинством этого способа является то, что вся уловленная угольная пыль может быть возвращена на брикетирование. Однако в циклонах и батарейных циклонах не достигается необходимая полнота улавливания тонкой пыли. Применение же электрофильтров требует определенных условий. Мокрое пылеулавливание производится в орошаемых циклонах, мокрых пылеуловителях и камерах мокрой очистки. При этом достигается более полная очистка газов от пыли, однако образуется шлам и необходимо строительство сооружений по очистке шламовых вод.

При комбинированном способе пылеулавливание осуществляется в две ступени: осаждение крупной пыли в сухих пылеуловителях (циклонах) и улавливание тонкой пыли в мокрых пылеуловителях. При этом достигается хорошая степень очистки и значительная часть пыли возвращается в процесс.

На буроугольной брикетной фабрике угольная пыль образуется на всем тракте движения угля и брикетов. Наибольшее пылеобразование происходит при сушке угля, транспортировании и прессовании сушенки.

§ 1. Схемы пылеулавливания

В дробильно-сортировочном цехе пыль образуется в местах перепада сырого угля и при дроблении в молотковых дробилках. Для предотвращения выделения пыли в помещение в местах перепадов угля с конвейеров устанавливаются кожухи. Воздух, отсасываемый с мест перепада угля и из молотковых дробилок, очищается в мокрых пылеуловителях.

Угольная пыль, уносимая с паровоздушной смесью из паровых трубчатых сушилок, улавливается в электрофильтрах. Степень очистки паровоздушной смеси в электрофильтрах высокая, до 99%.

Осажденная в электрофильтрах пыль поступает сначала в сборный скребковый конвейер, а затем подается по течке в начало распределительного конвейера над прессами и смешивается с сушенкой, поступающей после охлаждения на прессование. Количе-

ство пыли, улавливаемой в электрофилтре, доходит до 8—10% всего количества сушенки.

Обеспыливание конвейеров в сушильно-прессовом цехе осуществляется двумя самостоятельными системами: одна для обеспыливания устройств, транспортирующих горячую сушенку, из которой интенсивно выделяются водяные пары; другая для устройств, транспортирующих холодную сушенку. Во избежание смешивания горячего и холодного воздуха и возникновения конденсации водяных паров эти системы не соединяются.

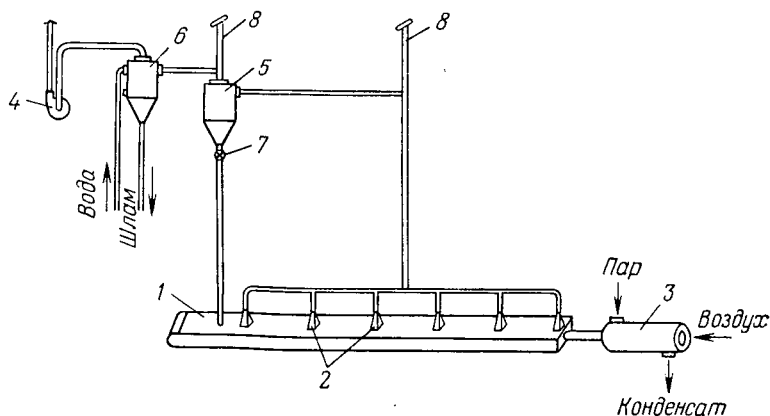


Рис. 63. Схема обеспыливания скребкового конвейера

Отсос запыленного воздуха (рис. 63) из конвейера 1 производится через патрубки 2, расположенные на крышке конвейеров через каждые 4—6 м. Для герметизации между крышкой и стенками конвейеров предусматриваются уплотняющие прокладки. Скорость движения запыленного воздуха в пылепроводах должна быть 16—20 м/с. Для предотвращения конденсации водяных паров пылепроводы снаружи покрываются теплоизоляцией. Для создания необходимой скорости движения воздуха и предотвращения конденсации паров в системе в начале конвейеров часто устраивается подсос наружного воздуха, предварительно подогретого в малогабаритных паровых калориферах 3. Отсасываемый вентилятором 4 запыленный воздух подается в циклон 5, а затем в мокрый пылеуловитель 6. Осажденная в циклонах крупная пыль через шлюзовую затворку 7 в конце конвейера добавляется к сушенке. Для предотвращения разрушения установки в случае вспышки пыли имеются предохранительные клапаны 8, которые открываются под давлением образующихся газов и выводят их наружу.

Чистота очистки воздуха от мелкой пыли в мокром пылеуловителе зависит от смачиваемости пыли водой. Смачиваемость улучшается при повышении температуры воды, поэтому вода, подаваемая

мая в мокрые пылеуловители, предварительно подогревается. Хорошей смачивающей способностью обладает также шламовая вода. На фабриках применяется схема мокрого пылеулавливания с циркуляцией шламовой воды. Шламовая вода, выходящая из мокрых пылеуловителей, поступает в отстойник с коническим дном, в котором крупные частицы шлама осаждаются и выводятся вниз

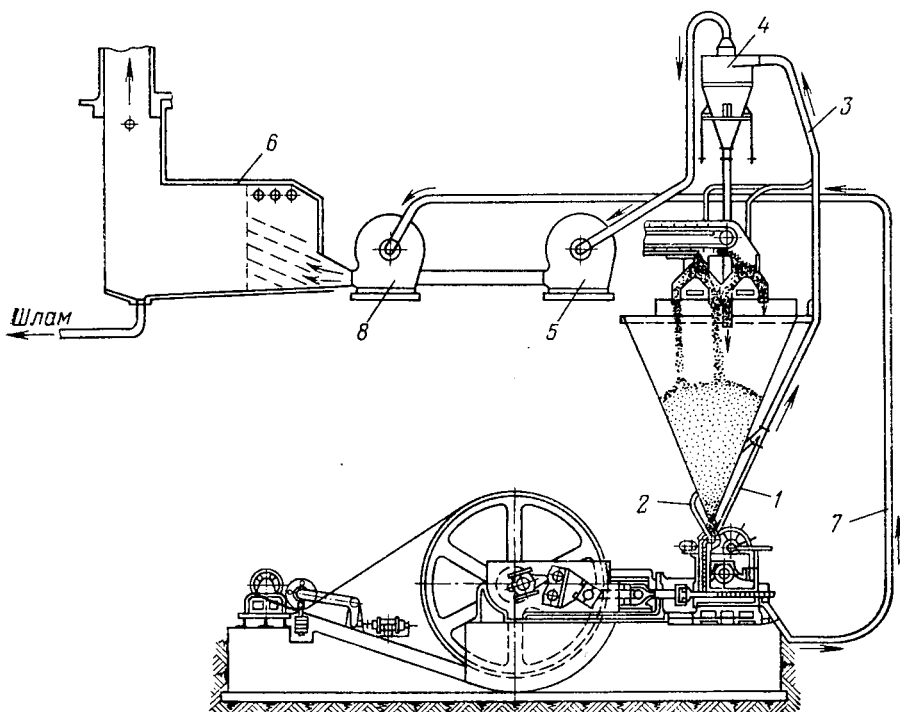


Рис. 64. Схема обеспыливания штемпельного пресса

в виде сгущенного шлама, сбрасываемого затем в отстойные бассейны. Частично осветленная шламовая вода через перелив в верхней части конического отстойника поступает в приемную емкость и затем снова подается в мокрые пылеуловители. Убыль воды в системе вследствие сброса сгущенного шлама компенсируется добавкой свежей подогретой воды.

В прессовом цехе системы пылеулавливания устраиваются на группы прессов. В штемпельном прессе сухая пылевоздушная смесь образуется в питателе, в вертикальном загрузочном канале и у штемпеля на выходе его из головки пресса, а влажная пылевоздушная смесь — на выходе брикетной ленты из канала пресса. Поэтому в каждом прессовом отделении предусматриваются две отдельные системы обеспыливания — штемпелей и питателей и головок прессов.

Запыленный воздух (рис. 64) из питателя и от штемпеля отсасывается по трубопроводам 1 и 2, переходящим затем в общий трубопровод 3, и направляется в один или два последовательно включенных циклона 4, индивидуальных для каждого прессы, где осаждается крупная пыль, которая возвращается в питатель прессы. Воздух, содержащий мелкую пыль, поступает в общий для группы прессов сборный пылепровод и, пройдя вентилятор 5, направляется на окончательную очистку в мокрый пылеуловитель 6.

Смесь воздуха, водяных паров и пыли, выделяющихся из прессового канала у выхода брикетной ленты, отсасывается вертикальным трубопроводом 7 и поступает затем в общий пылепровод, из которого вентилятором 8 подается в мокрый пылеуловитель. Количество воздуха, отсасываемого от каждого штемпеля и канала прессы, составляет 0,25—0,35 м³/с.

§ 2. Пылеулавливающие устройства

Для сухого пылеулавливания на брикетных фабриках применяются циклоны, батарейные циклоны и электрофилтры, для мокрой очистки воздуха и газа — орошаемые циклоны и проточные мокрые пылеуловители.

Для очистки парогазовой смеси после барабанных газовых сушилок последовательно устанавливаются батарейные циклоны и мокрые пылеуловители, после труб-сушилок — циклоны, батарейные циклоны и мокрые пылеуловители.

Электрофилтры применяются на буроугольных брикетных фабриках для очистки методом электростатического осаждения из паровоздушной или парогазовой смеси угольной пыли.

Метод электростатического осаждения основан на явлении ионизации газовых молекул электрическим коронным разрядом, зарядке взвешенных частиц газовыми ионами и движении их под действием электрического поля к противоположно заряженному осадительному электроду.

Основными рабочими элементами электрофилтра являются коронирующие и осадительные электроды, присоединенные к источнику постоянного тока с высокой разностью потенциалов (до 50 кв). Коронирующий электрод изготавливается из нержавеющей стальной тонкой проволоки диаметром 1,5—3 мм и присоединяется к отрицательному полюсу источника тока. Осадительный электрод представляет собой гладкую металлическую пластину, присоединенную к положительному полюсу и одновременно заземленную. При подаче напряжения между электродами возникает неравномерное электрическое поле с более высокой напряженностью у коронирующего электрода, в результате чего вокруг коронирующего электрода возникает коронный разряд и происходит ионизация молекул окружающего газа. Образующиеся отрицательные газовые ионы под действием электрического поля движутся к положительно заряженному осадительному электроду, и в

пространстве между электродами создается ток короны. Если в пространство между электродами ввести газ со взвешенными в нем твердыми или жидкими частицами, то последние под действием бомбардировки их газовыми ионами заряжаются отрицательно и вместе с ионами под влиянием электрического поля движутся к положительно заряженному осадительному электроду. Коснувшись его, они отдают ему свой заряд и оседают на нем. Осадительные электроды периодически встряхиваются для удаления накопившегося на них слоя пыли.

На брикетных фабриках для очистки паровоздушной смеси после трубчатых сушилок устанавливаются электрофильтры типа УПВ (угольный пластинчатый вертикальный).

Электрофильтр (рис. 65) состоит из пылеосадительной железобетонной или металлической камеры 1, внутри которой помещены коронирующие электроды 2 и осадительные электроды 3. Коронирующие электроды натянуты через каждые 200 мм на рамы, расположенные одна от другой на расстоянии 400 мм. С помощью подвесного устройства 4 они подвешены к горизонтальной перекладине наружной рамы 5, боковые опорные стойки которой, vyplненные в виде труб, опираются через изоляторы на корпус верхней части камеры электрофильтра 7, являющейся сборной камерой для очищенного газа.

Осадительные электроды, число которых на единицу больше числа рам с коронирующими электродами, расположены отвесно, чередуясь с коронирующими электродами, и укреплены сверху шарнирно с помощью подвеса к стенкам осадительной камеры. Осадительные электроды набраны из двойного ряда пластин шириной каждая 415 мм с зазором между рядами 50—60 мм. Верхний край пластин отбортован наружу, а нижний — внутрь, в результате чего образуются поперечные щели-карманы, в которые проваливается при встряхивании осевшая пыль.

Встряхивание коронирующих электродов от осевшей на них пыли осуществляется ударом штока по подвесному устройству 4 с помощью рычага и тяги 8, соединенных с ударным механизмом 9, являющимся общим и для осадительных электродов. Встряхивание осадительных электродов производится ударами молотков встряхивающего механизма 9 по полосам встряхивания, расположенным в нижней части электродов. Встряхивающий механизм приводится в движение цепной передачей от электропривода 10. Встряхивание электродов производится через каждые 2 мин. Стряхиваемая с электродов пыль выводится из электрофильтра через пылеотводный бункер-воронку 11, в нижней части которой имеется трехходовой кран, позволяющий переключать поток на течку — пылепровод при нормальной работе фильтра и на шламопровод при промывке электрофильтра водой. Промывка производится ежемесячно для его очистки. Вытяжные трубы и камеры электрофильтров, за исключением электрофильтров сушилок, работающих на дымовых газах, рекомендуется делать металлическими и во избежание кон-

денсации водяных паров с наружной теплоизоляцией в виде обмуровки. Металлические кожухи труб легче, имеют гладкую внутреннюю поверхность, скорее нагреваются, что позволяет быстрее включать электрофильтр в работу. Для безопасности, на случай вспышки угольной пыли, сверху камеры электрофильтра имеются

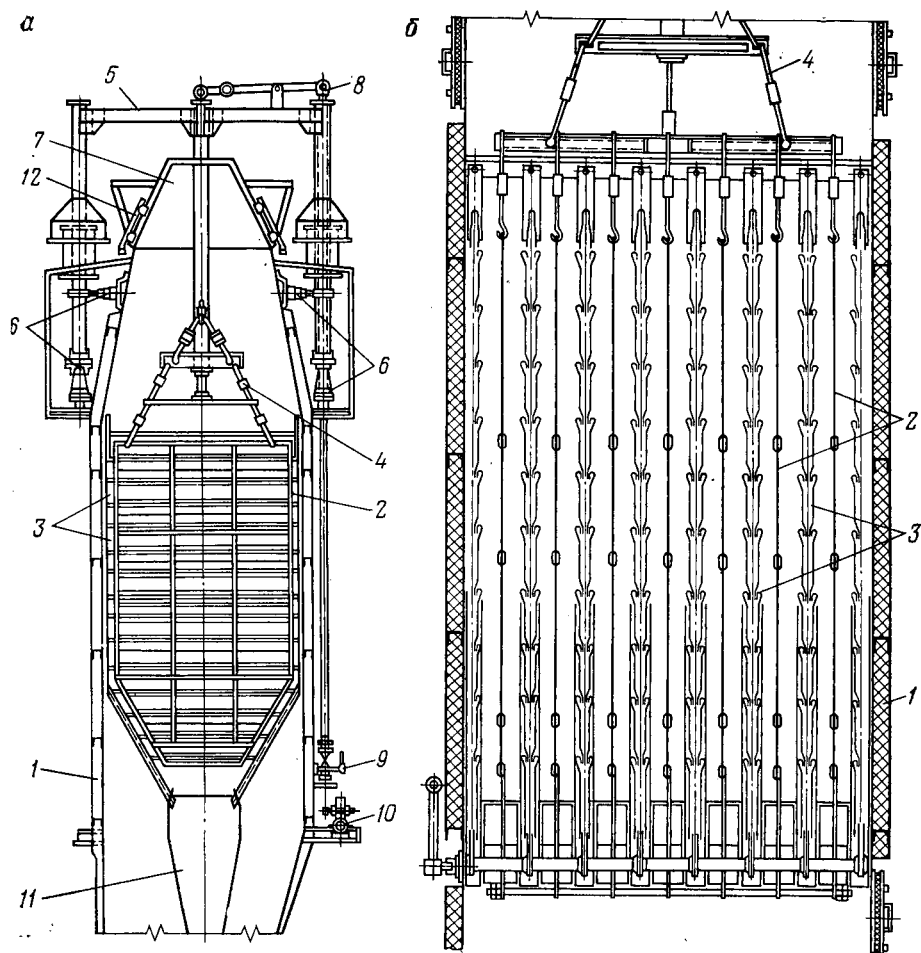


Рис. 65. Электрофильтр для улавливания угольной пыли:
а — общий вид; б — расположение коронирующих и осадительных электродов

откидные взрывные клапаны 12, выполненные в виде наклонно расположенных деревянных щитков по 4 на каждую сторону с нижним шарнирным креплением, которые откидываются взрывной волной. Щитки открываются также для увеличения поперечного сечения выходного отверстия.

В камере электрофилтра для его очистки путем промывки водой, тушения загоревшейся пыли, а также увлажнения паровоздушной смеси устанавливаются форсунки для воды и пара.

Работа электрофилтра тесно связана с работой сушилки. Наиболее опасным моментом в работе электрофилтра является возможность возникновения пожара и взрыва угольной пыли, причиной которых может быть образование искры или дуги вследствие пробоя или короткого замыкания между электродами, возникающих при влажности паровоздушной смеси ниже определенной нормы (100 г/м^3).

Влажность и температура паровоздушной смеси, температура и влажность сушенки и расход пара в сушилке находятся в однозначной зависимости от количества угля, поступающего в паровую сушилку. С уменьшением количества поступающего угля увеличивается его перегрев в сушилке и уменьшается влажность, повышается температура паровоздушной смеси, а влагосодержание ее уменьшается. Одновременно снижается потребление пара сушилкой. Автоматический контроль за этими параметрами позволяет обеспечить безопасную работу электрофилтра, поэтому подача напряжения на электрофилтр блокируется с контактными приборами, контролирующими расход пара сушилкой и температуру паровоздушной смеси. При снижении расхода пара ниже нормы или повышении температуры паровоздушной смеси выше нормы ($105\text{—}106^\circ \text{C}$) напряжение на электрофилтре автоматически выключается и не может быть включено, пока не установится нормальный режим работы сушилки.

Технические характеристики фильтров типа УПВ

	УПВ-7,7	УПВ-9,9	УПВ-12,2
Производительность филтра по газу, тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$	14	18	22
Площадь рабочего сечения камеры филтра, м^2	7,7	9,9	12,2
Число коронирующих электродов	7	9	11
Размер коронирующих электродов (длина $\times$ ширина), мм	5485 $\times$ 3000		
Активная длина всех коронирующих электродов, м	504	648	792
Число осадительных электродов	8	10	12
Размер осадительных электродов (длина $\times$ ширина), мм	6090 $\times$ 3250		
Нормальная скорость прохождения газов в рабочем пространстве, м/с	0,8—0,9	0,8—0,9	0,8—0,9
Концентрация пыли в исходном газе, г/м^3	25—30	25—30	25—30
Установленная мощность электрооборудования, кВт	4	4,7	5,4
Габаритные размеры, м:			
длина	5	5	5
ширина	3,5	4,2	5
высота	18	18	18
Масса электрофилтра, т	40	46	52

КОНТРОЛЬ ЗА УГЛЕБРИКЕТНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

§ 1. Опробование по схеме технологического процесса

Контроль за технологическим процессом осуществляется посредством текущего опробования продуктов основных технологических операций на фабрике — дробления и сушки угля, контрольного додрабливания и охлаждения сушенки (подготовки и дозировки связующего), прессования, а также опробования работы соответствующих машин и агрегатов.

Опробование по схеме дает возможность контролировать рабочий процесс по результатам работы отдельных участков, механизмов и агрегатов, регулировать их работу, обеспечивая соблюдение установленного режима и качества вырабатываемой продукции. Опробование на брикетных фабриках включает контроль за качеством исходного угля и связующего, за технологическим процессом производства и качеством готовых брикетов.

Общий объем работ по опробованию, точки отбора, размер проб и периодичность их отбора определяются в каждом конкретном случае в зависимости от размера фабрики, особенности технологии и компоновки основного оборудования.

Для отбора и разделки проб применяют механические пробоотборники и проборазделочные машины. Примерные схемы опробования для брикетных фабрик с различными технологическими процессами брикетирования углей приведены в табл. 9 и 10.

При работе каменноугольной брикетной фабрики в комплексе с обогатительной установкой к указанному опробованию добавляется соответствующий контроль за процессом обогащения.

Контроль производства осуществляется отделом технического контроля ОТК, а химические анализы производятся химической лабораторией фабрики.

§ 2. Лабораторные анализы

Химические анализы проб угля, сушенки, связующего и брикетов производятся химической лабораторией фабрики. Определения качественных показателей товарных (расчетных, контрольных и сборных) проб брикетов, контрольных проб угля производятся стандартными методами, общепринятыми в углехимических лабораториях при определении качества углей. Контрольные пробы угля и брикетов предварительно анализируются на влажность и зольность ускоренными методами и затем окончательно методами медленного определения. Остальные показатели качества брикетов — содержание серы, выход летучих веществ, теплота сгорания — определяются по сборным месячным пробам, составляемым химической лабораторией. Определения производятся стандартными методами.

**Опробование по схеме технологического процесса на буроугольной
брикетной фабрике**

Опробуемый продукт	Место отбора пробы	Цель опробования	Масса (вес) пробы и контролируемые показатели
Исходный уголь	Из ж.-д. вагонов	При подозрении на несоответствие качества угля установленным нормам (контрольная проба)	Определение видимой породы, зольности A_c , влажности
Дробленый уголь	С конвейера дробильно-сортировочного отделения	Предварительное опробование качества угля	Разовая проба по 1—2 кг 3 раза в смену. Определение зольности ускоренными методами Сменная проба, составляемая из порций 1—2 кг, набираемых ежечасно. Определение влажности, зольности, ситового состава (+6, 3—6 и —3 мм)
То же	То же	Контроль за качеством угля, поступающего на брикетирование и за работой дробильно-сортировочного отделения	Сменная проба, составляемая из порций 1—2 кг, набираемых ежечасно. Определение влажности, зольности, ситового состава (+6, 3—6 и —3 мм)
»	Из потока после отдельных механизмов и систем дробильно-сортировочного отделения	Контроль за качеством работы отдельных механизмов и систем дробильно-сортировочного отделения	Пробы по 8—10 кг периодически и по требованию обслуживающего персонала. Определение ситового состава (+6, 3—6 и —3 мм)
Сушенка	После отдельных сушильных барабанов	Контроль за качеством сушки угля в отдельных сушилках	Разовая проба 1—1,5 кг один раз в сутки (в смену). Определение влажности ускоренным методом или экспресс-методом
»	Из общего потока до и после установки контрольного дробления	Контроль за качеством работы установки контрольного дробления	Разовая проба сушенки 3—5 кг для ситового анализа. Периодическое опробование по мере надобности
»	Из общего потока перед поступлением сушенки на распределительный конвейер прессового цеха	Контроль за качеством сушенки, поступающей на прессование	Разовая ежечасная проба 1—2 кг. Определение влажности ускоренным методом или экспресс-методом

Т а б л и ц а 10

Опробование по схеме технологического процесса на каменноугольной брикетной фабрике

Опробуемый продукт	Место отбора пробы	Цель опробования	Масса (вес) пробы и контролируемые показатели
Исходный уголь	Из ж.-д. вагонов	При подозрении на несоответствие качества угля установленным нормам (контрольная проба)	Определение видимой породы, зольности A_c , влажности
То же	С ленточного конвейера после приемного бункера	Контроль за качеством угля	Сменная проба 80—100 кг, составляемая из порций, набираемых через 1 ч. Определение влажности, зольности и выхода летучих веществ
Дробленый сырой уголь	С ленточного конвейера перед сушилками	Контроль за работой дробильно-сортировочного отделения	Сменная проба 10—20 кг. Отбор порций в пробу через 1—2 ч. Ситовый анализ
Уголь после сушки Брикеты	При выходе из сушильного цеха С погрузочной стрелы	Контроль за качеством сушки Товарная проба	Сменная проба 10—20 кг. Отбор порций через 1—2 ч. Определение влажности Отбор пробы и испытание брикетов. Определение зольности, влажности. Теплота сгорания, выход летучих веществ, содержание серы определяются по сборным месячным пробам
Каменноугольный пек	При выгрузке из ж.-д. вагонов	Контроль за качеством поступающего пека	По мере поступления. По 5—6 порций общей массой 15 кг от каждого вагона. Определение зольности, влажности, свободного углерода, выхода летучих веществ, температуры размягчения
Дробленый пек	По выходе из дезинтегратора	Контроль за работой дробилки	Раз в декаду 10—20 кг на ситовый анализ
То же	То же	Контроль за качеством пека, поступающего на брикетирование	Сменная проба 8—10 кг. Отбор порций в пробу через 1 ч. Определение зольности, влажности, выхода летучих веществ, температуры размягчения
Шихта	С дозированных столов	Контроль за весовыми соотношениями угля и пека	Каждые 2 ч
Брикеты	С ленточного конвейера перед рампой	Контроль за качеством брикетов	Сменная проба 20—30 кг. Отбор порций в пробу через 1 ч. Определение зольности, влажности, выхода летучих веществ
»	Из ж.-д. вагонов	Товарная проба	Испытание брикетов. Определения качественных показателей

Анализ проб угля, сушенки и брикетов, отбираемых для контроля за технологическим процессом, производится ускоренными методами и экспресс-методами.

Метод ускоренной сушки в сушильном шкафу применяется для получения ориентировочных данных по содержанию влаги и заключается в высушивании навески угля 1 г крупностью 0—1 мм в сушильном шкафу при температуре 105° С в течение 30 мин без контрольного досушивания. Расхождение со стандартным методом определения содержания влаги составляет $\pm 0,5\%$.

Аппарат И-5-П-2 (рис. 66) применяют для ускоренного определения влажности бурого и каменного углей и торфа. Принцип действия аппарата основан на высушивании вращающейся навески угля 20 г, крупностью 0—3 мм облучением инфракрасными лучами двух ламп ЗС-3 при двухступенчатом (каменный уголь) и трехступенчатом (бурый уголь и торф) автоматическом режиме по времени и температуре.

Первая ступень облучения с полным накалом ламп при напряжении 220 В, вторая — 170 В, третья — 120 В. Работа на аппарате сводится к взвешиванию на малых технических весах двух проб топлива в калиброванных платформах, установке их на вращающиеся крестовины и нажиму пусковой кнопки. После звукового сигнала производится взвешивание высушенных навесок и влажность определяется по таблице в %. Общая продолжительность облучения не более 5 мин. Точность определения для бурого угля $\pm 0,3\%$, для каменного угля $\pm 0,2\%$.

Аппарат применяется на брикетных фабриках для ускоренного определения влагосодержания сушенки и брикетов.

Анализ каменноугольного пека. Качество пека, применяемого при брикетировании углей, определяется его температурой размягчения, содержанием влаги, свободного углерода, выходом летучих веществ и зольностью.

Температура размягчения (ГОСТ 9950—62) определяется по методу «Кольцо и стержень». В металлическое кольцо запрессовывается проба пека, который под давлением стержня определенной массы деформируется при нагреве.

Температура выпадения пробы пека из кольца соответствует температуре размягчения.

Прибор «Кольцо и стержень» (рис. 67) состоит из стальных колец 1 и стержней 2, металлической ванны 3 и помещенного в ванну термометра 5 с ценой деления 0,5 и 1° С, стойки 4 с полками 6. Ванна заполнена водой или глицерином. В кольцах запрессован пек.

Пробу испытуемого пека измельчают до крупности не более 1,5 мм и предварительно подсушивают, если ее влажность выше 0,2%, причем пек с температурой размягчения до 100° С (среднетемпературный пек) сушат в течение 15—20 мин при температуре 50—55° С, а пек с температурой размягчения выше 100° С (вы-

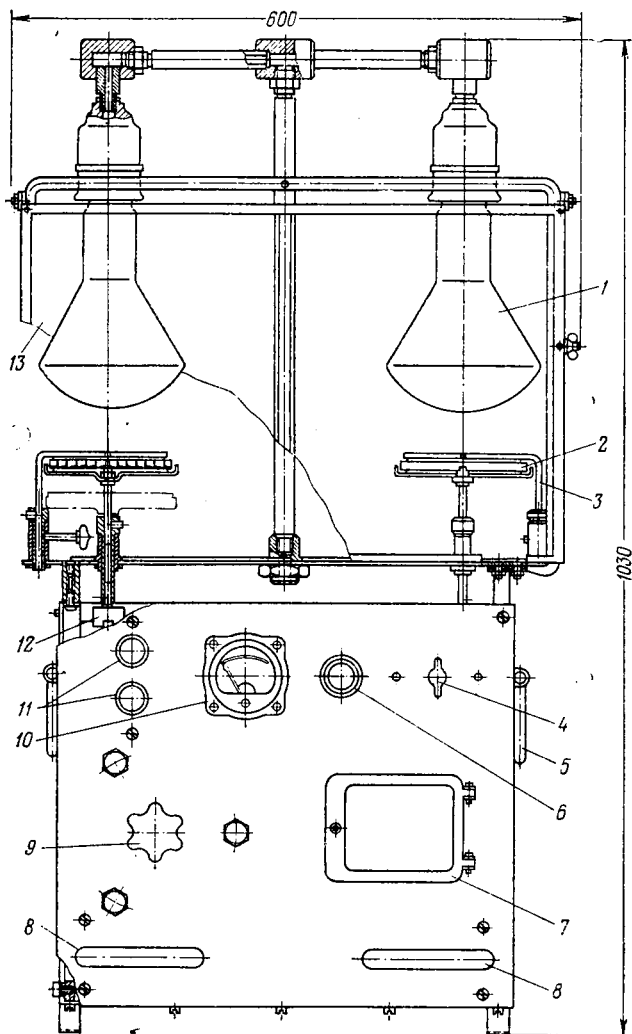


Рис. 66. Аппарат И-5-П-2 для ускоренного определения содержания влаги:

1 — лампы ЗС-3; 2 — крестовины с калиброванными платформами; 3 — плужки для перемешивания навески угля; 4 — выключатель ламп; 5 — ручки для переноса аппарата; 6 — сигнальная лампа; 7 — окно для наблюдений; 8 — ручки шасси аппарата; 9 — ручка автотрансформатора; 10 — контрольный вольтметр; 11 — кнопки «Пуск» и «Стоп» электродвигателя крестовин; 12 — двигатель крестовин; 13 — защитный экран из темного стекла

сокоплавкий пек) сушат в течение 8 мин при температуре 80—85° С.

Навески пека по 1,6 г запрессовывают в кольцо с помощью лабораторного пресса. При анализе расплавленного пека последний заливают в нагретые кольца, помещенные на металлическую пластинку с гладкой поверхностью. Затем кольца с пекон

устанавливают на третью сверху полку корпуса прибора и на каждое кольцо по центру поверхности пека опускают стержень. Через среднее отверстие верхней полки вставляют термометр таким образом, чтобы нижняя точка ртутного резервуара была на одном уровне с нижней поверхностью пека в кольцах.

При испытании среднетемпературного пека ванну, предварительно нагретую до температуры на 30° С ниже ожидаемой температуры размягчения, заполняют водой, а при испытании высокоплавкого пека — глицерином, предварительно нагретым на 50° С ниже ожидаемой температуры размягчения. Затем жидкость продолжают нагревать со скоростью 5° С в 1 мин. Показание термометра в момент,

когда пек вместе со стержнем коснется нижней полки прибора, а отметка на стержне совпадет с краем верхней части прибора, и является температурой размягчения пека. Испытания ведут параллельно с двумя пробами пека. Расхождения между результатами двух параллельных определений не должны превышать для среднетемпературного пека 1° С и для высокоплавкого пека 2° С.

Контроль за расходом пека на брикетирование определяется по анализам выхода летучих веществ. Расчет ведется по формуле

$$X = \frac{V_6 - V_y}{V_n - V_y} 100,$$

где X — количество пека в брикетах, %; V_6 , V_n и V_y — выход летучих веществ из проб соответственно брикетов, пека и угля, %.

На фабриках с установившейся сырьевой базой и постоянной шихтовкой исходных углей для ускорения определения расхода пека выходы летучих из угля и пека принимаются за постоянные величины. Пользуясь указанной формулой, составляют таблицу зависимости расхода пека от выхода летучих веществ из брикетов.

Контроль за качеством нефтебитума (ГОСТ 11506—65) заключается в определении температуры размягчения его по методу «Кольцо и шар». Битум, залитый в кольцо задан-

ных размеров, размягчается и под действием массы металлического шарика выдавливается из кольца на определенную глубину. Температура, при которой проба битума выдавливается из кольца, называется температурой его размягчения.

В комплект прибора «Кольцо и шар» (рис. 68) входят стальная подвеска 1, состоящая из раздвижной стойки 2, крышки 3 и контрольного диска 4, латунные кольца 5 и стакан 6, изготовленный из термически и химически стойкого стекла и имеющий внутренний диаметр около 90 мм и высоту не менее 115 мм. Прибор снабжен термометром со шкалой от 0 до 250°С с градуировкой шкалы 0,5°С, а также стальной пластинкой размером 120×50×3 мм. Поверхность одной стороны пластинки должна быть тщательно отполирована. Металлические шарики имеют диаметр 9,5 мм.

Перед испытанием пробу битума обезвоживают, расплавленный до подвижного состояния битум процеживают через металлическое сито с сеткой № 07 и перемешивают для полного удаления пузырьков воздуха.

Испытуемый битум наливают с некоторым избытком в латунные кольца прибора, помещенные на металлическую полированную пластинку, покрытую смесью талька с глицерином в соотношении 1:3. Кольца с битумом вставляют в отверстия на подвеске прибора. В среднее отверстие помещают термометр таким образом, чтобы нижняя точка ртутного резервуара была на одном уровне с нижней поверхностью битума в кольцах. Подвеску с кольцами опускают в стакан с водой на 15 мин. Если температура размягчения битума ниже 80°С, температура жидкости в стакане $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Если температура размягчения битума выше 80°С, образец выдерживают в течение 15 мин в глицерине при температуре $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$. По истечении 15 мин подвеску вынимают из стакана, на каждое кольцо в центре поверхности битума кладут стальной шарик, опускают подвеску в стакан и жидкость нагревают. Температура воды или глицерина в стакане должна подниматься со скоростью $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ в 1 мин. Показания термометра в момент, когда выдавливаемый шариком битум коснется нижнего контрольного диска прибора, принимается за температуру размягчения битума.

Температура плавления связующего определяется на приборе, изображенном на рис. 69. Прибор состоит из металлического теплоизолированного ящика 1 с крышкой 2 и окнами для наблюдения, расположенными на противоположных сторонах ящика. В центре крышки имеется отверстие 3 для термометра. В ящи-

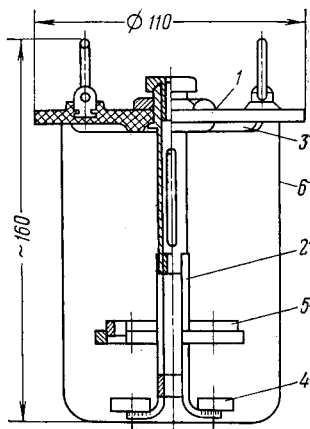


Рис. 68. Прибор для определения температуры размягчения битума

ке помещена подставка 4 с гнездами для латунных стаканчиков 5, внутренний диаметр которых 15 мм, а высота 30 мм. В центре гнезда имеются отверстия диаметром 10 мм, а в центре стаканчика — диаметром 2 мм.

Стаканчики с навеской связующего 1 г, измельченного до 0,5 мм, помещают в гнезда диска, затем подставку опускают через верх в ящик, закрывают крышкой, а через отверстие в крышке ящика вставляют термометр в испытуемый материал одного из стаканчиков. Ящик нагревают до тех пор, пока из отверстий стаканчиков не упадут первые капли расплавленного связующего. Скорость нагрева испытуемого связующего до температуры на 20°C ниже ожидаемой температуры каплепадения составляет 5°C в 1 мин, а затем 2°C в 1 мин. Средние показания термометра в момент падения первых капель принимают за температуру плавления связующего.

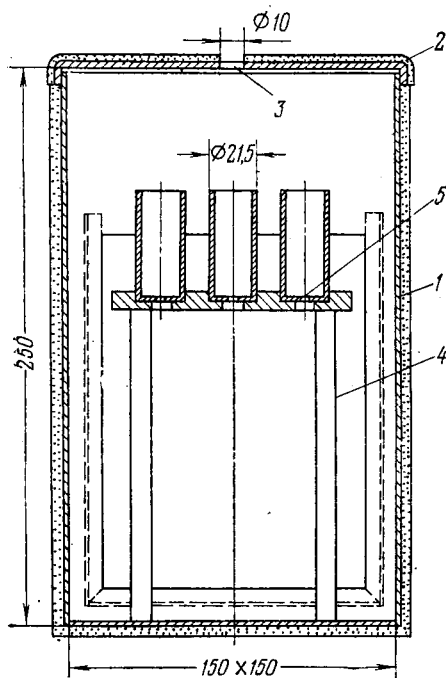


Рис. 69. Прибор для определения температуры плавления связующего

§ 3. Специальные испытания брикетов

Кроме лабораторных анализов проб брикетов, производят испытания брикетов для определения их качества как кускового топлива. Брикеты должны обладать определенной механической прочностью, влаго- и термоустойчивостью. Показатели качества, которым должны отвечать брикеты, устанавливаются для каждой фабрики стандартом или техническими условиями.

Испытание буроугольных брикетов (ГОСТ 6114—57) производят на механическую прочность и влагоустойчивость. Через 3—4 ч после изготовления брикетов определяют их механическую прочность на сжатие, изгиб, сбрасывание и истирание в барабане. Остатки брикетов после испытания на механическую прочность присоединяют к первоначальной пробе и используют для приготовления лабораторных проб.

Испытание на сжатие производят на лабораторном гидравлическом прессе (рис. 70) общим усилием 1,5—2 тс. От про-

бы отбирают семь целых брикетов и помещают поочередно каждый брикет 1 между параллельными поверхностями двух цилиндрических вставок 2. Брикет сжимается со стороны ударных поверхностей до разрушения.

Показатель прочности на сжатие практически мало зависит от площади, на которую действует усилие. Поэтому для проведения испытаний при малых общих усилиях пресса, учитывая, что ударная поверхность брикетов часто бывает выгнута, диаметр раздавливающих вставок принимают 3 см.

Максимальные показания манометров, соответствующие раздавливающим нагрузкам, суммируют и вычисляют среднее арифметическое 7 определений. Полученное среднее значение сравнивают с показателями отдельных брикетов. Показатели, отклоняющиеся от среднего значения на $\pm 30\%$, исключают и за окончательный результат принимают среднее арифметическое оставшихся значений.

Временное сопротивление сжатию $\sigma_{сж}$ вычисляют по формуле

$$\sigma_{сж} = P \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2, \text{ кгс/см}^2,$$

где P — среднее значение показаний манометра в момент разрушения брикета, кгс/см²; d_1 — диаметр поршня пресса, см; d_2 — диаметр раздавливающих вставок, см.

Пример. При испытании брикетов на сжатие получены показания манометра 120, 104, 73, 114, 121, 116 и 95 кгс/см². Среднее значение этих определений 106,1 кгс/см². Наименьшее из показаний 73 кгс/см² меньше среднего значения на $\left(1 - \frac{73}{106,1}\right) 100 = 31,2\%$, и поэтому оно исключается. Из оставшихся 6 определений среднее значение $P = 111,7$ кгс/см², его и подставляют в формулу для определения $\sigma_{сж}$. Аналогично поступают, если отдельные измерения больше среднего арифметического на 30%.

Испытание на изгиб. На нижней плите пресса (рис. 71) устанавливают каретку 1 с двумя передвижными трехгранными опорами 2, которые закрепляют относительно друг друга на расстоянии $L = 0,7$ длины брикета L . Опора 3 крепится на верхней плите параллельно нижним опорам и на равном расстоянии от них.

Испытуемый брикет устанавливают на ребро симметрично между верхней и нижними опорами, приводят в действие пресс и от-

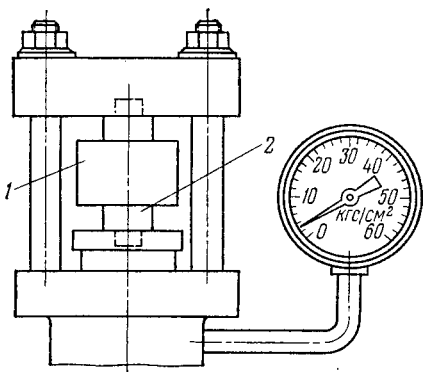


Рис. 70. Схема испытания брикета на сжатие

мечают по манометру максимальное разрушающее брикет усилие. Сопротивление изгибу $\sigma_{изг}$ вычисляют по формуле

$$\sigma_{изг} = \frac{3PSL}{2b^2h}, \text{ кгс/см}^2,$$

где P — давление по манометру в момент разрушения, кгс/см²; S — площадь поперечного сечения поршня пресса, см²; L — расстояние между опорами, см; b — ширина (толщина) брикета, см; h — высота брикета, см.

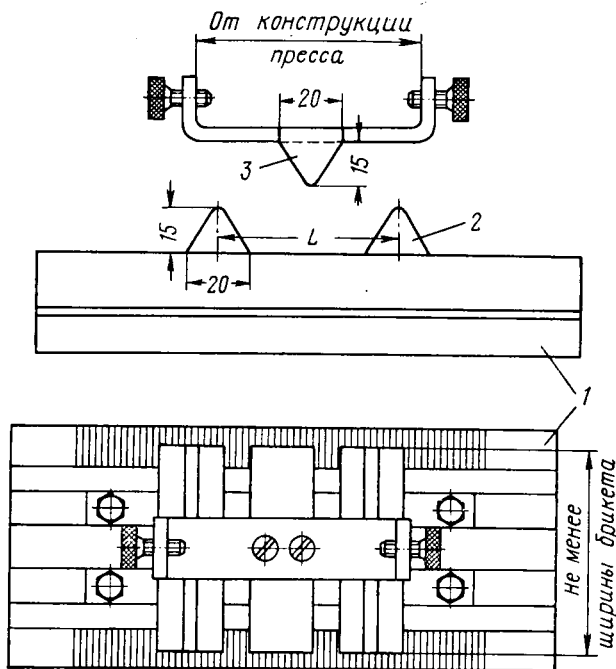


Рис. 71. Схема испытания брикета на изгиб

Результаты испытаний отдельных брикетов суммируют, находят среднее арифметическое 7 определений. Показатели, отклоняющиеся от среднего арифметического значения на $\pm 30\%$, исключают и за окончательное значение P принимают среднее арифметическое из оставшихся показателей.

При измерении прочности брикетов на изгиб исходят из условия, что испытуемое тело должно подвергаться только напряжению изгиба, при котором отношение расстояния между опорами к высоте должно быть ≥ 5 . Поэтому испытание на изгиб наиболее чувствительный метод, применимый только к брикетам призматической продолговатой формы, у которых $\frac{l}{h}$ близко к 5. В противном случае получаются несопоставимые результаты.

Испытание на сбрасывание. От пробы отбирают 7 целых брикетов, взвешивают их и помещают в ящик с откидным дном, расположенный над металлической плитой на высоте 1,5 м. Затем брикеты сбрасывают на плиту 4 раза. После каждого сбрасывания целые брикеты и отдельные кусочки собирают и помещают в ящик. После четвертого сбрасывания пробу собирают и рассеивают через сито с отверстиями 25×25 мм. Остаток на сите, выраженный в % к массе (весу) брикетов, взятых для испытания, характеризует прочность брикетов на сбрасывание.

Испытание в барабане. Для испытаний применяют барабан диаметром и длиной по 500 мм. На внутренней поверхности барабана вдоль на одинаковом расстоянии приварены три полосы из углового железа с ребром высотой 100 мм. Барабан вращается с частотой 25 об/мин. Пробу брикетов массой 10 кг загружают в барабан. После 4-минутного (100 оборотов) вращения барабана содержимое его извлекают и просеивают через сито с отверстиями размером 25×25 мм. Остаток на сите, выраженный в % к массе загруженных брикетов, характеризует механическую прочность их на истирание.

Влагопоглощение и влагуустойчивость. Для испытания отбирают от общей пробы 5—7 целых брикетов, взвешивают их и на проволоочной сетке помещают в воду температурой $20 \pm 5^\circ \text{C}$. Брикеты погружают полностью на глубину 30 мм. После 2 ч нахождения брикетов в воде сетку с ними вынимают, дают воде стечь в течение 2 мин и брикеты взвешивают. Увеличение массы (веса) брикетов в результате пребывания их в воде, выраженное в % к первоначальной массе, характеризует влагопоглощение брикетов.

После взвешивания (не позднее чем через 10—15 мин) брикеты испытывают на остаточную механическую прочность (сжатие или изгиб).

Испытания каменноугольных брикетов производят на содержание мелочи, механическую прочность, влагопоглощение, слипаемость и термоустойчивость.

Содержание мелочи в каменноугольных брикетах является браковочным признаком и определяется по каждой товарной пробе просеиванием ее через сито с квадратными отверстиями размером 25×25 мм. Мелочь, прошедшую через сито, взвешивают с точностью до 0,1 кг и выражают в % к массе (весу) всей пробы.

Испытание на истирание производят аналогично испытанию буроугольных брикетов.

Испытание на сбрасывание. Пробу брикетов массой 50 кг загружают в ящик с откидным дном, установленный над металлической плитой на высоте 1,5 м. Испытания проводят так же, как испытания буроугольных брикетов.

Влагопоглощение определяют выдерживанием брикетов в воде при комнатной температуре в течение 24 ч. Десять брикетов взвешивают и погружают на металлической сетке в воду на глу-

бину 30 мм от поверхности. По истечении указанного времени сетку с брикетами вынимают, дают воде стечь в течение 2 мин и взвешивают брикеты. Увеличение массы брикетов после пребывания в воде, выраженное в % к первоначальной массе, называют коэффициентом влагопоглощения.

Слипаемость. Пробу брикетов массой 5 кг помещают в ящик и выдерживают в термостате при температуре 65°C в течение 3 ч. Брикеты не должны слипаться. Слипаемость определяют не реже одного раза в неделю или при необходимости для контроля.

Термоустойчивость определяют визуально при сжигании 5 брикетов в муфеле, нагретом до 900°C . Брикеты при горении не должны распадаться до полного озоления.

§ 4. Теплотехнический контроль

Под теплотехническим контролем понимается наблюдение за тепловыми процессами по контрольно-измерительным приборам с целью анализа происходящих процессов и управления работой агрегатов. Теплотехнические измерения — одно из важнейших средств контроля и управления технологическим процессом на брикетных фабриках. Правильно организованные теплотехнические измерения обеспечивают непрерывное наблюдение за производственным процессом, установление и соблюдение наиболее эффективного режима работы, безаварийное и безопасное ведение процесса производства, техническую отчетность о работе отдельных участков и агрегатов фабрики. Теплотехнический контроль является необходимым условием и составной частью дистанционного управления и автоматизации производства.

Задачей теплотехнического контроля на брикетных фабриках является обеспечение:

нормального хода процессов сушки, охлаждения, нагрева связующего, горения в топке;

управления процессами или отдельными параметрами; требуемого количества и качества поступающего продукта, теплоносителя или охлаждающего агента;

исправного состояния агрегатов и механизмов;

получения данных, необходимых для расчета между предприятиями и технико-экономической оценки работы отдельных агрегатов и всей фабрики в целом.

Производимые на брикетных фабриках теплотехнические измерения и соответствующие им приборы можно разбить на следующие группы:

- 1) измерение температуры (ртутные и манометрические термометры, термометры сопротивления, пирометрические термометры);
- 2) измерение давления и разрежения (манометры, тягомеры, напорометры);

3) измерение количества потока пара, воды, конденсата, связующего (расходомеры), общего количества угля и брикетов; влажности угля (влажмеры); уровня (уровнемеры), состава газа (газоанализаторы).

Измерительная установка может состоять из первичного прибора, непосредственно воспринимающего изменения измеряемой среды, передающего устройства и вторичного прибора, воспроизводящего на шкале отсчет показаний. В некоторых установках эти элементы могут быть объединены.

Вторичные приборы бывают показывающие, регистрирующие и комбинированные: показывающие и регистрирующие, показывающие или регистрирующие и суммирующие.

На брикетных фабриках основным объектом теплотехнического контроля является оборудование сушильно-прессового цеха главным образом паровые сушилки и штемпельные прессы, а также установки по подготовке жидкого связующего.

Для централизации контроля и управления предприятием все основные измерения, помимо местных щитов, выносятся на главный или диспетчерский щит. На этом щите в виде световых табло сосредоточиваются также основные сигнальные устройства.

§ 5. Диспетчерский контроль и управление

Под диспетчерской системой контроля и управления на брикетных фабриках понимается метод централизованного руководства производством в соответствии с установленной технологией путем непрерывного контроля технологического процесса, режима работы отдельных агрегатов и оперативного руководства отдельными звеньями производства, обеспечивающего согласованную работу всех цехов и участков фабрики.

Задачей диспетчерского контроля и управления является обеспечение точного и эффективного выполнения производственного плана, предупреждение и локализация возможных аварий и нарушений производства, отклонений от заданной технологии и пр. Непрерывность и централизованность контроля и управления достигается благодаря поступлению и сосредоточению на диспетчерском пункте основных сведений о ходе технологического процесса и данных о материально-техническом обеспечении производства.

Диспетчерское управление на брикетной фабрике складывается из следующих элементов:

1) централизованное наблюдение (контроль) за работой механизмов и ходом производственного процесса;

2) централизованное управление и оперативное руководство и регулирование производственного процесса;

3) централизованный учет результатов работы отдельных механизмов, цехов и всей фабрики в целом.

Схемы диспетчерского управления и контроля различаются между собою средствами технического оснащения диспетчерской службы, т. е. средствами связи диспетчера с отдельными участками производства, способами получения диспетчером данных о ходе процесса и передачи его указаний. Централизованное наблюдение за ходом производственного процесса заключается в фиксации состояния агрегатов и основных качественных и количественных показателей их работы. Централизованное наблюдение и учет осуществляется диспетчером благодаря применению автоматических непрерывнодействующих контрольно-измерительных регистрирующих и суммирующих приборов с дистанционной передачей показаний на щит диспетчера.

Диспетчерское управление и оперативное руководство на фабрике заключается в передаче диспетчером указаний и распоряжений обслуживающему персоналу на основании анализа хода производственного процесса, сравнения фактических данных с заданной технологией, режимом работы и производственным планом.

На диспетчерский пункт фабрики возлагается:

- 1) контроль и регламентация режима и координирование работы всех участков фабрики;
- 2) непрерывный контроль и обеспечение качественного и количественного выполнения производственного плана;
- 3) своевременное предупреждение всякого рода перебоев, неполадок, остановок и «узких мест» в производстве и принятие немедленных мер к их устранению. Организация быстрой ликвидации возможных аварий, неполадок и нарушений производства;
- 4) информация директора и главного инженера фабрики о работе фабрики, возникших отклонениях, авариях и остановках;
- 5) осуществление текущих распоряжений директора и главного инженера фабрики, начальника смены;
- 6) учет и фиксация в оперативном журнале данных о режимах работы и ходе производства по показаниям автоматических контрольно-измерительных приборов, установленных на щите диспетчера, и на основании сведений, полученных от отдельных цехов и участков фабрики.

Диспетчерский пункт фабрики оборудуется телефонной связью, обеспечивающей быстрое соединение диспетчера с отдельными участками фабрики, разрезом, теплоцентралью, транспортным управлением. На диспетчерском пункте устанавливаются:

центральный диспетчерский щит с контрольно-измерительными приборами и световыми табло;

мнемоническая схема, представляющая собой изображение цепи основных аппаратов фабрики в виде условных знаков с сигнальными лампочками.

Мнемосхема с сигнальными лампочками, соединенными с электропусковыми устройствами, показывает рабочее состояние фабрики.

УГЛЕБРИКЕТНЫЕ ФАБРИКИ

§ 1. Буроугольная брикетная фабрика

На рис. 72 показана схема цепи аппаратов буроугольной брикетной фабрики производительностью 1,5 млн. т брикетов в год.

Поступающий на фабрику из разреза рядовой уголь разгружается из вагонов в приемный двухсекционный бункер 1 щелевидного типа емкостью 2600 т. Наверху бункера на ж.-д. пути движется комкорыхлитель 2 для периодического разрушения не провалившихся через решетку комков угля. Внизу бункера имеются две разгрузочные щели. На каждую щель установлены по два лопастных питателя 3, разгружающих уголь на горизонтальные ленточные конвейеры 4, с которых он поступает затем на наклонные конвейеры 5, транспортирующие уголь в дробильно-сортировочный цех. Для удаления из угля случайно попавших металлических предметов на наклонных конвейерах установлены магнитные металлоуловители 6.

Дробильно-сортировочный цех состоит из двух секций. Поступающий уголь в каждой секции подвергается сначала предварительному грохочению на валковом грохоте 7 на классы 0—20 и +20 мм. Надрешетный продукт +20 мм подвергается предварительному дроблению в валковой дробилке 8 до крупности 0—50 мм.

После предварительного грохочения и дробления уголь поступает на подготовительное грохочение на горизонтальный распределительный конвейер 9 и сбрасывателями 10 распределяется по валково-дисковым грохотам 11.

Подрешетный (готовый) продукт крупностью 0—6 мм поступает на сборные конвейеры 12 мелкого угля и направляется в сушильно-прессовый корпус. Надрешетный продукт крупностью +6 мм с грохота поступает на сборный конвейер 13 возврата и направляется на додрабливание в молотковые дробилки 14, а затем добавляется к основному потоку угля, идущему на подготовительное грохочение.

Сушильный цех состоит из двух секций, в каждой из которых установлены 4 паровые трубчатые сушилки с поверхностью нагрева по 4000 м².

Подготовленный к сушке уголь поступает на реверсивный распределительный конвейер 15, расположенный над бункерами паровых трубчатых сушилок, который подает уголь в каждый бункер 16 сушилок.

Распределение угля по бункерам сушилок на буроугольных фабриках осуществляется ленточными конвейерами, снабженными плужковыми сбрасывателями с раздвижными бортами или ножевыми сбрасывателями, что позволяет производить одновременно загрузку нескольких бункеров, или передвижными загрузочными

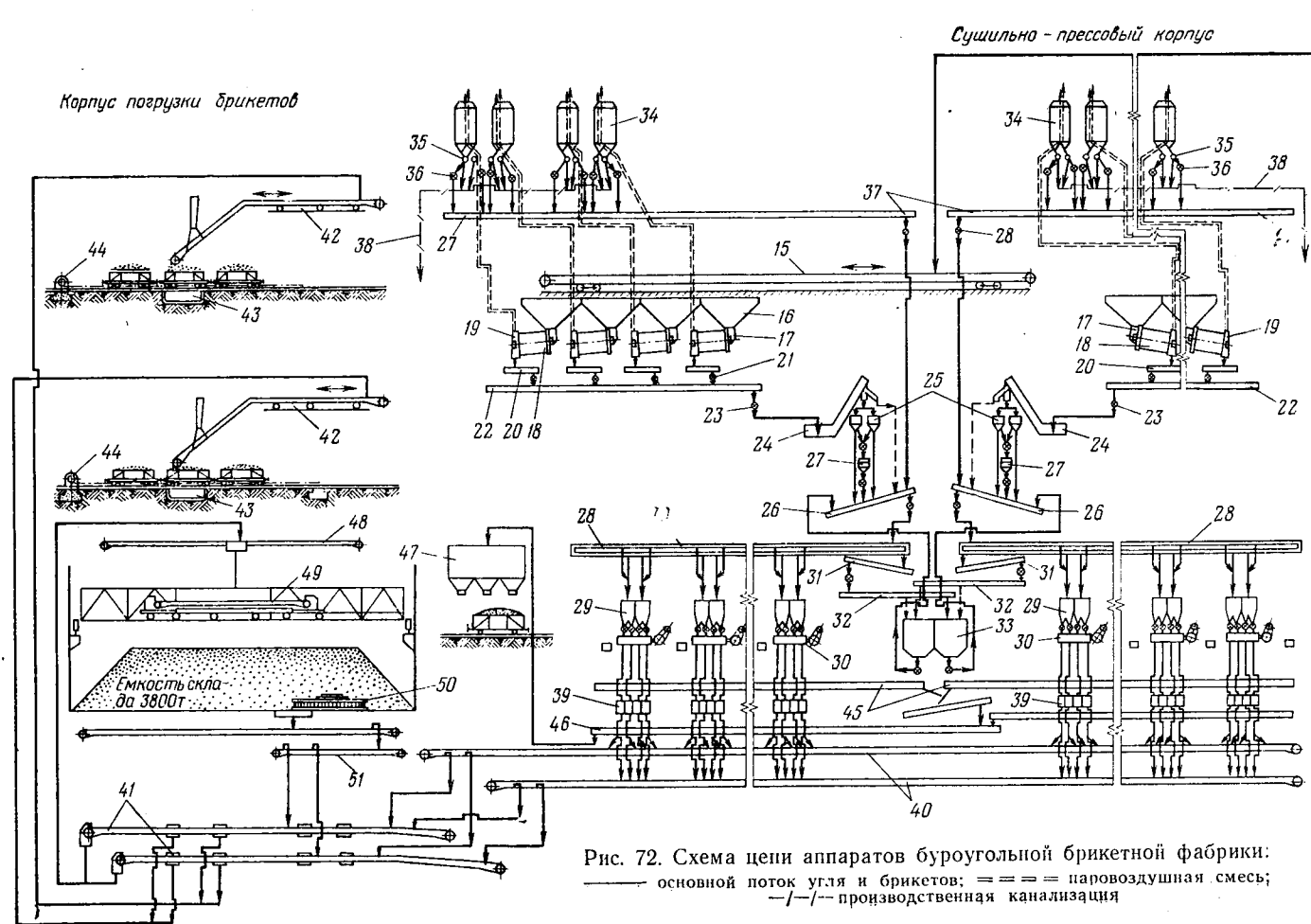
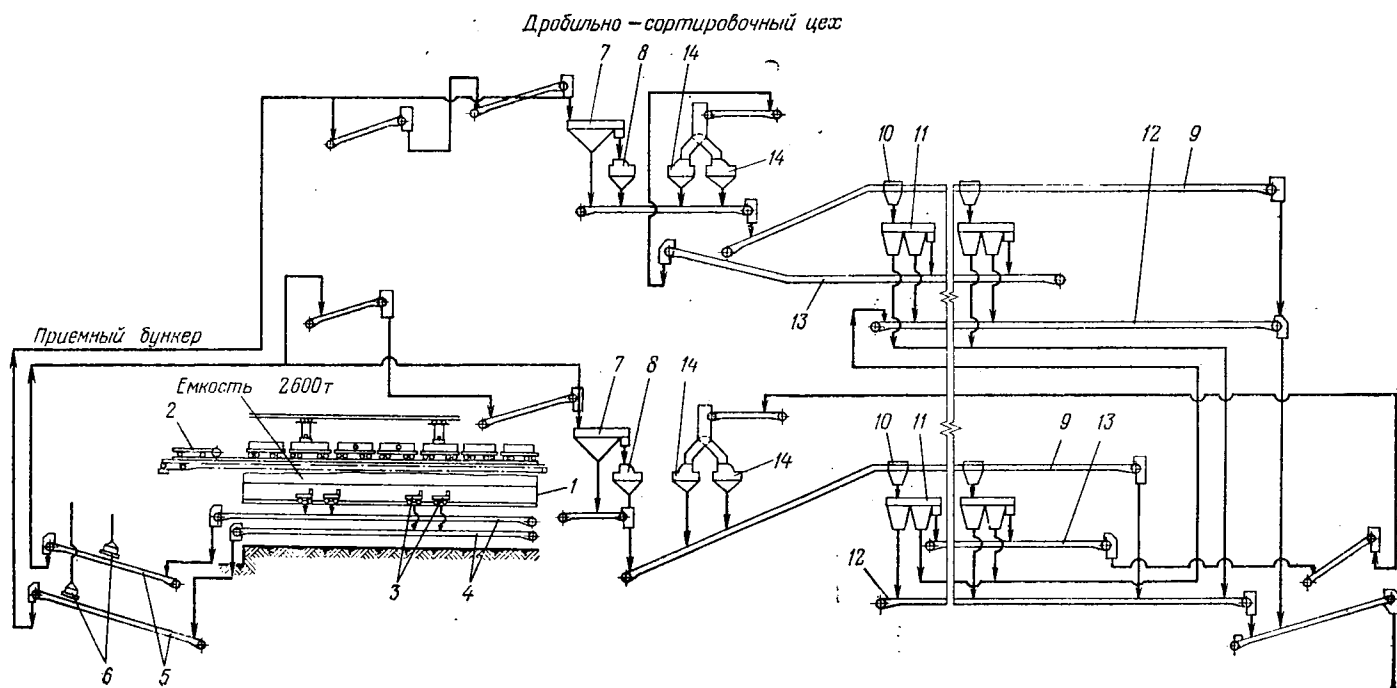


Рис. 72. Схема цепи аппаратов буроугольной брикетной фабрики:
 ————— основной поток угля и брикетов; — — — — паровоздушная смесь;
 - - - - производственная канализация

тележками. Загрузка с помощью сбрасывателей — наиболее простой способ. Недостатки способа: повышенный износ ленты, неравномерное по крупности распределение угля по сушилкам. В первые бункера по ходу ленты поступает уголь с большим содержанием крупных классов, в последние — с большим содержанием мелочи.

Загрузка бункеров с помощью самоходных загрузочных тележек является более совершенным способом. Простой и совершенной загрузочной тележкой является челноковый ленточный конвейер. Он представляет собой лотковый ленточный конвейер на передвижной тележке. Лента конвейера и сама тележка имеют реверсивный привод с автоматическим и ручным переключением. Длина тележки равна половине расстояния между крайними бункерами.

Передача угля на тележку производится на середине бункерного помещения. Тележка, медленно передвигаясь из конца в конец с одновременным автоматическим переключением направления движения ленты, загружает последовательно все бункера углем однородным по качеству. Ручная остановка и пуск тележки в любом ее положении позволяет выравнивать степень загрузки отдельных бункеров в зависимости от потребности. При расчете конвейера тележки учитывается, что при переключении направления движения ленты загрузка конвейера возрастает вдвое.

Высота бункера принимается 8—10 м. Большая высота нецелесообразна, так как уголь слеживается. Емкость бункера обычно не превышает 6—8-часовую производительность сушилки. Для углей, склонных к слеживанию и зависанию, рекомендуются бункера меньшей емкости.

Из бункера с помощью загрузочного устройства 17 уголь поступает в паровые трубчатые сушилки 18. Для предотвращения зависания угля в бункерах на крупных фабриках применяется пневмообрушение его сжатым воздухом, подаваемым по трубкам, проложенным по стенкам в нижней части бункера. В разгрузочное устройство сушилки уголь из бункера должен поступать разрыхленным, что достигается устройством нижней части бункера в виде двухскатной будки с окнами на внутренних боковых стенках. Через эти окна уголь ссыпается в загрузочные устройства сушилок.

Из разгрузочной камеры 19 сушенка поступает на охлаждение воздухом в индивидуальные цепные конвейеры — охладители 20, после которых через шлюзовые затворы 21 она сбрасывается на сборный конвейер 22, а затем через шлюзовой затвор 23 направляется на контрольное грохочение и дробление крупных классов. Сушенка поступает в наклонные конвейеры 24 и далее может быть подана в центробежные грохоты 25 типа ГЦ-1 для отсева на классы 0—4 и +4 мм или направлена непосредственно на промежуточный скребковый конвейер 26. Надрешетный продукт +4 мм центробежных грохотов дроблится в молотковых дробилках СМ-431 с решетками или в отражательных дробилках 27.

Транспортные устройства для сушенки устраиваются таким образом, чтобы уголь после сушилок можно было направить: на контрольную обработку и охлаждение; на охлаждение, минуя контрольную обработку; на прессование, минуя контрольную обработку и охлаждение.

Подготовленная к прессованию сушенка поступает в прессовый цех на верхнюю ветвь скребковых распределительных конвейеров 28, которые распределяют сушенку по загрузочным бункерам 29 четырехштемпельных брикетных прессов 30. Избыток сушенки с конца нижней ветви распределительных конвейеров с помощью передаточных скребковых конвейеров 31 и реверсивных скребковых конвейеров 32 направляется в бункера излишка 33 емкостью по 50 т. Сушенка из бункеров излишка через скребковый конвейер 26 может быть снова подана в распределительные конвейеры 28. Таким образом, бункера излишка сушенки являются буферными емкостями для сглаживания неравномерности в производительности сушильного и прессового цехов фабрики. Кроме того, через бункера излишка часть сушенки реверсивным конвейером 32 может быть направлена из одной секции фабрики в другую. Для устранения сегрегации рекомендуют применять двухэтажные распределительные конвейеры с верхней и нижней рабочими ветвями в одном или двух самостоятельных кожухах. Для выравнивания ситового состава угля по длине конвейера делают несколько перепускных отверстий или патрубков с шиберами.

Загрузочные воронки прессов во избежание сегрегации и зависания сушенки рекомендуют делать небольшого размера. Для одноштемпельных прессов считают целесообразным применять цилиндрические воронки диаметром 500—600 мм, для двухштемпельных — воронки овальной формы (в сечении). В верхней и нижней частях воронок предусматривают шиберные или секторные затворы.

В каждой секции прессового цеха установлено по шести четырехштемпельных 11-дюймовых брикетных прессов производительностью каждый 23—25 т брикетов в 1 ч.

Угольная пыль, увлекаемая паровоздушной смесью из сушилок и с воздухом из охладителей сушенки, улавливается в электрофильтрах 34, из которых через трехходовые шиберы 35 и шлюзовые затворы 36 направляется в скребковые конвейеры 37, а затем в конвейерах 26 добавляется к общему потоку сушенки, направляемой после контрольной обработки на прессование. При промывке электрофильтров, производимой в ремонтные дни, шлам через трехходовые шиберы 35 направляется по желобам в шламовую канализацию 38.

Выходящие из прессов 30 брикеты проталкиваются по охлаждающим лоткам (желобам) 39 и поступают для окончательного охлаждения на ленточные конвейеры 40.

Дальнейшее охлаждение брикетов происходит на перегрузочных конвейерах 41, подающих брикеты в пункт погрузки на погру-

зочные стрелы 42. Погрузку брикетов производят непрерывно в открытые железнодорожные вагоны, находящиеся в момент загрузки на железнодорожных весах 43. Передвижку вагонов под погрузочными стрелами осуществляют с помощью маневровых устройств 44.

Образующийся при пуске и остановке прессов бой брикетов поступает сначала на конвейер боя 45, затем на конвейере 46, соединившись с боем и брикетной крошкой охладительных желобов, направляется в бункер боя 47 для погрузки в железнодорожные вагоны или автомашины.

В случае перебоев в подаче на фабрику порожних вагонов брикеты конвейером 48 подаются на аварийный склад и укладываются в штабель перегружателем 49. Разгрузочной машиной 50 и конвейером 51 брикеты со склада могут быть поданы в общий поток брикетов, поступающих на погрузку.

Основные технико-экономические проектные показатели фабрики

Производительность по брикетам:	
годовая, млн. т	1,5
суточная, т	4286
Число рабочих дней в году	350
Влажность, %:	
рядового угля	56
брикетов	19
Давление пара в сушилках, кгс/см ² (избыточные)	4
Расход на 1 т брикетов:	
угля, т	2
пара, т	1,5
электроэнергии, кВт·ч	30
Коэффициент использования:	
сушилок	0,94
прессов	0,90
Численность трудящихся	310
В том числе рабочих	280
Среднемесячная производительность труда на одного рабочего, т	446

§ 2. Брикетная фабрика со связующим

На рис. 73 показано расположение основного оборудования на брикетной фабрике при производстве брикетов со связующими.

Предназначенная для брикетирования угольная мелочь из бункера 1 сушилки с помощью питателя 2 с забрасывателем подается в трубу-сушилку 4.

Дымовые газы для сушки угля получают в мазутной топке 5 и поступают в сушилку через боров 3. Для растопки топки имеется дымовая труба 6.

Газоугольная смесь из трубы-сушилки поступает сначала в сепаратор 7, где осаждаются крупные частицы угля, а затем проходит последовательно батарейный пылеуловитель 8 и батарейный циклон 9 для осаждения мелких частиц угля. После вентиля-

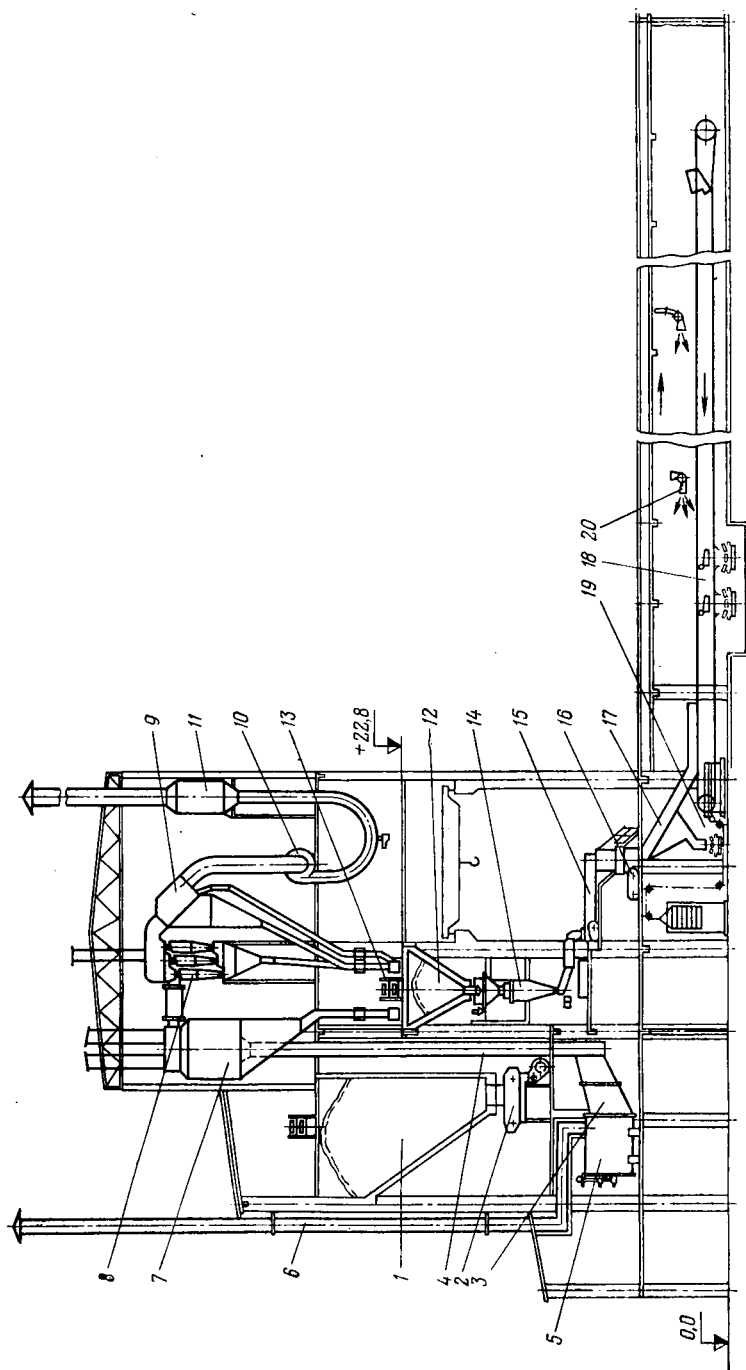


Рис. 73, I

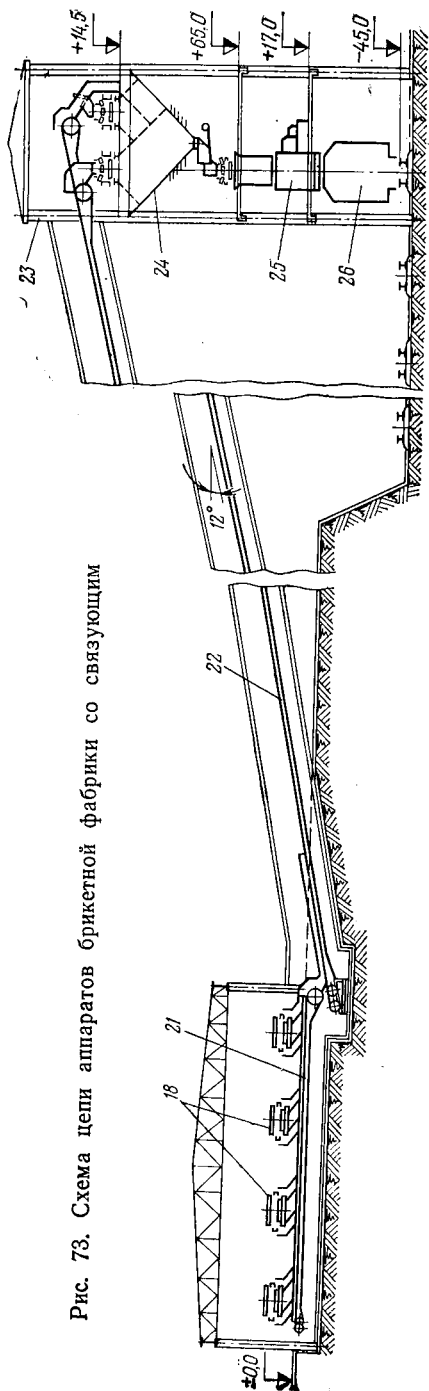


Рис. 73. Схема цепи аппаратов брикетной фабрики со связующим

тора — дымососа 10 газы направляют в мокрый пылеулавитель 11 и затем выбрасывают в атмосферу.

Подсушенный до 2% и нагретый до 85°С уголь поступает в бункер 12, в который конвейером 13 подают возврат брикетной крошки, предварительно измельченной в молотковой дробилке.

Горячий уголь из бункера поступает в дозировочно-смесительную вихревую установку 14, в которую впрыскивают жидкое горячее связующее и подают влажный пар. Полученную в смесителе горячую шихту направляют в двухвальный охлаждающий конвейер 15, а затем на брикетирование в вальцовый пресс 16.

Выходящие из пресса брикеты падают на наклонную течку 17, верхняя часть которой выполнена в виде колосникового грохота, а затем поступают на охлаждающий плоский ленточный резиновый конвейер 18. Неспрессованную шихту и бой брикетов направляют на сборный конвейер 19, соединяют с брикетной крошкой, образовавшейся в местах перепада брикетов и отсеянной перед их погрузкой, и направляют на измельчение в молотковую дробилку, а затем в бункер 12.

Охлаждающий конвейер имеет скорость 0,1 м/с. Брикеты проходят последовательно по верхней и нижней ветвям конвейера в течение 45 мин и охлаждаются с 70 до 45°С. Для интенсификации процесса охлаждения, особенно в летнее время, предусмотрено устройство 20 для обдува воздухом брикетов на конвейере.

Охлажденные брикеты с нижней ленты конвейеров 18 сгру-

жаются на сборный конвейер 21 и затем попадают на наклонный конвейер 22, транспортирующий их на общий пункт 23 предварительного складирования и погрузки в вагоны. Брикеты выгружаются в бункер 24, стенки которого в нижней части имеют жалюзийные отверстия для затягивания воздуха, проходящего в бункере через слой брикетов и охлаждающего их дополнительно.

Брикеты из бункера 24 с помощью погрузочной стрелы 25 подаются в вагоны 26.

По описанной схеме основное оборудование (труба-сушилка, смеситель, вальцовый пресс и охлаждающий конвейер брикетов) расположено в виде отдельного самостоятельного блока. Применение для каждого вальцового пресса производительностью по 50 т/ч самостоятельного охлаждающего конвейера обеспечивает необходимое охлаждение брикетов, так как они размещаются на конвейере тонким слоем.

Применение трубы-сушилки исключает необходимость последующего транспортирования подсушенного и нагретого угля и дает возможность сохранить тепло, полученное им при сушке.

Основные технико-экономические проектные показатели фабрики

Производительность по брикетам:	
годовая, млн. т	1
суточная, т	2857
Число рабочих дней в году	350
Число машинных часов в сутки, ч	20
Производительность вальцового пресса, т/ч	50
Число прессов	4
Расход:	
нефтебитумного связующего, %	7
электроэнергии, кВт·ч/т	6—8
Численность трудящихся	205
В том числе рабочих	165
Среднемесячная производительность на одного рабочего	505

Глава XIII

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА

§ 1. Общие сведения

Технологический процесс на брикетных фабриках сопровождается образованием большого количества пыли. На буроугольной брикетной фабрике наибольшее количество пыли образуется в процессе сушки, контрольной обработки и охлаждения сушенки, при ее транспортировании и прессовании. Значительное количество пыли образуется также при транспортировании, охлаждении и погрузке брикетов. Сухая угольная пыль представляет большую опасность, она может самовозгораться и легко воспламениться от источника огня или при ее перегреве. Находясь во взвешенном

состоянии, пыль при определенной концентрации образует с воздухом взрывоопасную смесь.

Самовозгорание пыли может возникать при длительном хранении ее в бункерах. Попадая затем в транспортные механизмы, она может вызвать в них взрыв.

Тлеющая угольная пыль опасна тем, что при ее взрыхлении продукты термического разложения угля могут воспламенить поднявшуюся угольную пыль и вызвать взрыв. Склонность пыли к самовозгоранию и воспламенению зависит от природы угля и содержания влаги в пыли. С увеличением выхода летучих веществ в углях склонность пыли к воспламенению возрастает. Пыль образуется при подготовке рядового угля в дробильно-сортировочном цехе. В момент выделения она не представляет непосредственной опасности, однако, скапливаясь на стенках и перекрытиях помещений и оборудовании, пыль со временем подсыхает и самовозгорается или легко воспламеняется при наличии источника огня, что приводит к пожару или даже к взрыву, если в воздухе имеется достаточная ее концентрация.

Наиболее легко загорается и взрывается буроугольная пыль. Для бурых углей опасной концентрацией пыли является 0,1—0,3 кг ее на 1 кг воздуха, поэтому буроугольные брикетные фабрики относятся к категории пожаро- и взрывоопасных предприятий. Наиболее опасными участками на брикетной фабрике являются сушильные установки, электрофильтры, конвейеры и бункера сушенки и пыли, установки для охлаждения сушенки, а также брикетные прессы. На фабрике со связующими веществами наиболее опасными участками являются установки по дроблению и подготовке пека. Менее опасными участками являются дробильно-сортировочный цех и установки для охлаждения, транспортирования и погрузки брикетов.

Для обеспечения безопасного ведения производственного процесса на брикетных фабриках предусматривается ряд мероприятий по предупреждению опасных скоплений угольной пыли, возникновению огня и ее загоранию.

§ 2. Мероприятия по предупреждению опасных скоплений угольной пыли

Для предупреждения выделения пыли в помещениях брикетной фабрики все механизмы и установки, связанные с переработкой сухого угля и угольной пыли, должны быть закрыты и работать с вытяжной вентиляцией. Места перепада сырого угля должны быть закрыты кожухами. Помещения фабрики, полы, стены, лестницы необходимо содержать в чистоте и периодически убирать. На буроугольных фабриках осевшую пыль смывают водой 1—2 раза в течение смены или убирают пылесосами. Пыль, оседающую на поверхности оборудования, периодически убирают. Стены и потолки помещений фабрики должны быть гладкими и окра-

шенными. Строительные детали здания должны иметь заоткосы с углом наклона не менее 60°. Возможные места скопления пыли должны быть под постоянным наблюдением, пыль необходимо регулярно убирать. Не допускается длительное хранение и залеживание угольной пыли в бункерах, циклонах и других емкостях. Наиболее опасным является нарушение нормального выхода пыли из бункеров электрофильтров. Накопление пыли в бункере электрофильтра может повести к вспышке пыли вследствие замыкания электродов. Электрофильтры должны иметь исправно работающие встряхивающие механизмы во избежание скопления на электродах осевшей угольной пыли и замыкания электродов. Электрофильтры промывают водой. Помещения фабрики должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию.

§ 3. Противопожарные мероприятия

Угольная пыль при нагреве до 60° С начинает активно поглощать кислород и нагреваться, что может привести к ее самовозгоранию. Угольная пыль особенно быстро самовозгорается при нагреве до 160—200° С, поэтому все нагретые поверхности должны быть теплоизолированы.

Наиболее опасными по загоранию угля и угольной пыли являются сушильные установки. Перегрев и пересушка угля в паровых трубчатых сушилках могут происходить вследствие ненормальной загрузки сушиллки, поэтому бесперебойная подача угля в сушиллки в достаточном количестве и равномерная загрузка трубок предотвращают загорание угля и пыли в сушилках и электрофильтрах.

Для предохранения электрофильтров от вспышки пыли при недостаточной подаче угля в сушиллку работа их блокируется с работой сушилок по температуре паровоздушной смеси и количеству расходуемого пара.

Чтобы предотвратить возможность распространения вспышки пыли по транспортным устройствам и обеспыливающим системам, последние разбиты на отдельные секции с самостоятельными обеспыливающими системами. Кроме того, передача сушенки от одной транспортной системы в другую производится через шлюзовые затворы.

На буроугольной брикетной фабрике имеется обычно несколько систем обеспыливания: транспортных устройств горячей сушенки, установки для охлаждения сушенки, транспортных устройств холодной сушенки, прессов.

Транспортирование сушенки производится только в закрытых скребковых конвейерах при работающей вытяжной вентиляции.

Работа транспортных систем сблокирована с работой обеспыливающих систем. Установки по переработке сушенки, транспортные, обеспыливающие и пылеулавливающие системы оборудуются взрывными клапанами.

Двигатели и электроаппаратура в цехах, опасных по скоплению пыли, должны применяться во взрывобезопасном исполнении.

На брикетных фабриках запрещается курение и пользование открытым огнем, электролампами без предохранительных колпаков и сеток.

При осмотре бункеров и оборудования должны применяться электролампы напряжением до 12 В.

Все работы, связанные с применением открытого огня (электросварка, резка металла и др.), в цехах, опасных по пожару и взрыву, производятся по специальному разрешению при остановленном оборудовании с принятием необходимых мер предосторожности — тщательной очистки рабочего места от угля и пыли, увлажнении поверхности водой в радиусе до 10 м и надзора со стороны пожарной охраны.

§ 4. Техника безопасности на брикетных фабриках со связующими

Хранение твердого пека разрешается только в приспособленных для этого крытых складах, защищенных от прямого воздействия солнечных лучей и ветра. Каменноугольная и особенно пековая пыль при соприкосновении с огнем склонны к воспламенению и взрыву. Для предупреждения этого категорически запрещается курение и пользование открытым огнем в помещениях брикетной фабрики. Все помещения, где производятся дробление и измельчение пека, должны быть изолированы и оборудованы вытяжной вентиляцией. Загрузочные устройства для подачи пека в дробильные и смесительные устройства, а также устройства для смешения пека с углем, должны иметь вытяжную вентиляцию. Электрооборудование и электроосвещение устанавливаются во взрывобезопасном исполнении. Не допускается скопление в помещениях и на оборудовании угольной и пековой пыли. Помещения должны регулярно орошаться водой. При ремонтных работах необходимо пользоваться электролампами напряжением до 12 в.

Пековая пыль, а также пары пека вызывают раздражение кожи лица, тела и слизистой оболочки глаз. Для защиты их от действия пека рабочие перед началом работы должны смазывать лицо и руки ланолином или другой защитной мазью, а в пыльных местах носить защитные очки. Для предохранения от попадания пековой пыли на тело спецодежда на рукавах и на конце брюк должна плотно застегиваться на манжеты и регулярно стираться, не реже одного раза в неделю.

По окончании смены рабочие должны мыться под теплым душем с мылом. Рекомендуются в солнечную погоду носить на фабрике дымчатые очки. После работы следует промывать глаза 2%-ным раствором борной кислоты.

При работе с нефтебитумным связующим в случае поступления готового битума с нефтеперерабатывающего завода перевозка его

по железной дороге осуществляется в бункерах-вагонах с паровой рубашкой. Разгрузка битума производится после предварительного его разогрева через паровую рубашку путем последовательного опрокидывания каждого из трех бункеров в битумохранилище ямного типа, при этом глыба битума, подтаявшая у стенок бункера, вываливается из бункера. Опрокидывание бункеров производится с помощью лебедки со стороны, обратной фронту разгрузки. Во время разгрузки вагонов не разрешается находиться у фронта разгрузки на расстоянии от него менее 15 м. Битумохранилище должно иметь змеевики для предварительного разогрева битума, ограждение с прочными перилами, сверху навес. Оно должно быть защищено от попадания грунтовых вод и осадков. Шланг для подачи пара в паровую рубашку бункеров-вагонов должен быть исправным и надежно закрепленным к патрубкам рубашек.

При обслуживании битумных насосов необходимо следить, чтобы контрольный клапан во время работы насоса был открыт. Включение насосов необходимо производить постепенно и только после полного обогрева всех битумопроводов через паровые рубашки. Давление в битумопроводах не должно превышать установленного предела. Перед чисткой битумопроводов, заменой клапанов или при демонтаже участка битумопровода последний должен быть освобожден от битума.

Во избежание возникновения пожара не разрешается чистить битумопроводы раскаленными прутьями или ломом. Запрещается производить какой-либо ремонт на битумопроводах и паропроводах, находящихся под давлением, допускать течь битума во фланцевые соединения, работать без ограждения фланцевых соединений битумопроводов, а также производить разогрев трубопроводов открытым огнем. Запрещается производить тушение горящего битума водой.

Перед пуском трубчатой печи для окончательного нагрева битума битумопроводы должны быть разогреты через паровые рубашки. Камеру печи необходимо провентилировать на дымовую трубу и проверить положение шиберов в боровых. Мазутную форсунку в печи зажигают только после того, как проверено, что в змеевики печи поступает битум. Горение топлива в форсунке должно быть только при циркуляции битума через змеевики печи.

Нагрев битума в печи производится до температуры не выше 230°С. В случае прорыва змеевика в печи или при других нарушениях нормальной работы форсунку необходимо потушить, включить пар на пожаротушение, остановить подающий битумный насос, слить остатки битума из змеевиков через аварийный клапан и подать пар в змеевики. Запрещается эксплуатировать печь при неисправной контрольно-измерительной и сигнализирующей аппаратуре.

РАЗДЕЛ II

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УГЛЕЙ

Глава XIV

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ УГЛЕЙ

§ 1. Происхождение углей

Ископаемые угли представляют собой твердые горные породы. Исходным материалом для образования углей были богатая растительность и скопление водорослей и микроорганизмов (планктона), населявших водоемы в прошедшие геологические периоды. Большое разнообразие ископаемых углей говорит о различии исходного углеобразующего материала.

В зависимости от состава исходного материала ископаемые угли делятся на гумусовые (гумолиты) и сапропелитовые (сапропелиты). Гумусовые угли произошли из высших (наземных) растений, сапропелитовые угли образовались из низших растений — водорослей и микроорганизмов.

По химическому составу эти исходные материалы значительно отличаются друг от друга. Высшие растения состоят главным образом из целлюлозы (клетчатки), некоторых других углеводов, лигнина, придающего наземным растениям механическую прочность, и небольшого количества белков, жиров, смол и восков. Низшие растения и микроорганизмы состоят в основном из белков, жиров и восков. В них отсутствуют лигнин и смолы, характерные для наземных растений.

Состав и свойства ископаемых углей зависят также от условий накопления и дальнейшего превращения исходного материала. Основным условием накопления растительных остатков являлось отсутствие кислорода. Отмирающие растения накапливались, падая в болота, озера, обмелевшие реки, лагуны и другие водоемы, и подвергались процессу разложения сначала в присутствии влаги, но при недостатке воздуха (кислорода), а затем по мере погружения в воду без доступа воздуха. Этот процесс, называемый гнилостным брожением, или гниением, сопровождается выделением газообразных продуктов разложения: сероводорода, метана, аммиака и илообразного остатка — сапропеля. В растительном материале в процессе сложных реакций происходило образование и накопление гуминовых веществ, составляющих основу гумусовых углей и состоящих из гуминовых кислот, растворимых в щелочах,

и гуминов — веществ, близких по природе к гуминовым кислотам, но нерастворимых в щелочах.

Начальной стадией превращений растений является торфяная. Торф — продукт первичного разложения наземных растений, сапропель — продукт разложения водяной растительности. После покрытия торфа и сапропеля наносами происходило превращение их сначала в бурый уголь. Торф терял влагу, в нем увеличивалось содержание углерода и уменьшалось содержание кислорода. В дальнейшем образовавшийся бурый уголь изменялся под действием геологических факторов (температуры и давления) в каменный уголь, а последний — в антрацит.

Процесс превращения торфа в уголь и дальнейшее изменение угля, сопровождающееся увеличением содержания в нем углерода и уменьшением содержания кислорода, называется обуглероживанием, или углефикацией.

Образование углей является очень сложным процессом, до сих пор полностью не изученным.

§ 2. Составные части и свойства углей

Для оценки качества, энергетической и технологической ценности углей последние подвергают ряду анализов и специальных исследований. Первое представление о качестве угля может быть получено на основании результатов технического анализа, при котором определяют влажность, зольность угля, общее содержание серы, выход летучих веществ и теплоту сгорания. Для более глубокой оценки качества и свойств углей определяют состав и свойства его органической массы — анализ элементарного состава, обработка растворителями, термическое разложение, определение спекаемости, петрографический анализ. Кроме того, определяют физические и механические свойства, а в отдельных случаях — тепловые, электрические и оптические свойства.

Уголь состоит из органической и неорганической частей. Неорганические составляющие угля — это вода, минеральные примеси, сера в различных видах, соединения фосфора, мышьяка и др.

Влага содержится в углях в различных количествах в зависимости от степени его углефикации (табл. 11). С повышением степени углефикации содержание влаги уменьшается.

Влага является балластом. Она снижает калорийность топлива вследствие уменьшения в углях доли горючей части и затраты части тепла при горении топлива на испарение влаги. Влага

Т а б л и ц а 11
Содержание влаги в углях, %

Степень углефикации	В пласте	В воздушно-сухом состоянии
Бурый уголь .	35—60	12—18
Каменный уголь	3—18	1—9
Антрацит . . .	4—5	1—2

снижает скорость коксования и способствует самовозгоранию углей.

Содержание влаги в углях выражается в % и обозначается буквой W . Различают: W^p — содержание общей влаги в рабочем топливе; $W_{гигр}$ — содержание гигроскопической влаги в воздушно-сухом топливе; $W^л$ — содержание влаги в лабораторной пробе топлива; $W_{вн}^p$ — содержание внешней влаги в рабочем топливе после доведения его до воздушно-сухого состояния.

Связь между этими величинами выражается следующими формулами:

$$W^p = W_{вн}^p + W_{гигр};$$

$$W^p = W_{вн}^p + W^л \frac{100 - W_{вн}^p}{100}.$$

Содержание влаги определяется высушиванием навески угля в сушильном шкафу в соответствии с ГОСТ 11014—64.

Минеральные примеси в угле определяются по зольному остатку, образующемуся после прокаливания навески угля (ГОСТ 11022—64). Зольность угля может колебаться в широких пределах, она не зависит от степени углефикации. Источником минеральных примесей в угле могут являться: минеральные вещества исходного растительного материала; минеральные наносы, попавшие в процессе углеобразования; порода, попавшая в уголь при его добыче.

Минеральные примеси являются балластом и снижают теплоту сгорания топлива. Зола углей состоит в основном из окислов кремния, алюминия, железа, кальция и магния. При использовании угля для энергетики и газификации имеет значение тугоплавкость золы. При температуре плавления ниже 1200°C зола считается легкоплавкой, при 1200 — 1350°C — плавкой и при 1350 — 1500°C — тугоплавкой. Угли для снижения зольности обогащают.

Сера является наиболее вредной примесью углей. Содержание серы в углях колеблется от нескольких десятых долей процента до 6 — 10% . Сера в углях находится в виде органических и неорганических соединений. Различают органическую серу, перешедшую в уголь из углеобразующих растений, и неорганическую серу, входящую в состав неорганической части угля. Органическая сера равномерно распределена в угольном веществе и не может быть удалена при обогащении. Неорганическая сера представлена в углях в виде сульфидов или пирита (сернистого железа или колчедана и сульфатов (серноокислых соединений железа и кальция, образовавшихся в процессах окисления и выветривания углей).

Органическая, пиритная и сульфатная сера составляет общую сернистость углей. В наибольшем количестве в углях содержится пиритная (колчеданная) сера. При коксовании углей сера в значи-

тельной степени переходит в кокс. Наличие серы в коксе повышает расход топлива в доменной плавке и делает кокс непригодным для выплавки высококачественных сталей.

При сгорании углей сера переходит в сернистый газ, который с водяными парами образует сернистую кислоту, вызывающую коррозию металлической арматуры печей и отравляющую атмосферу. Содержание в углях пиритной серы способствует их самовозгоранию при хранении.

При содержании общей серы до 1,5% угли считаются мало-сернистыми. В таких углях сера находится в основном в органическом виде. При содержании серы более 1,5% угли считаются многосернистыми, сера в них находится главным образом в виде пиритной.

Органическая масса ископаемых углей состоит в основном из углерода, водорода, кислорода, азота и серы. Совместно с другими признаками элементарный состав дает возможность судить о химической природе и свойствах углей. С ростом степени углефикации увеличивается содержание в углях углерода и уменьшается содержание кислорода. У гумусовых углей уменьшается также содержание водорода, у сапропелитовых углей — увеличивается. Содержание азота в углях невелико; в гумусовых оно составляет 1—1,5%, у сапропелитовых достигает 3—4% (табл. 12).

Таблица 12

Элементарный состав органической массы топлива,
% на горючую массу

Группа	Топливо	С	Н	О
Гумолиты	Торф	55—62	5,5—6,5	35—40
	Бурый уголь	67—78	5,0—6,5	20—30
	Каменный уголь	80—92	4,3—5,5	4—15
	Антрацит	93—97	1,3—2,5	1,5—5
Сапро-пелиты	Сапропель	53—60	7—8	22—35
	Богхеды ¹	75—83	8—11	5—14
	Сланцы	73—77	8—11	9—17

¹ Буроугольная стадия сапропелитовых углей.

Содержание углерода и водорода определяют сжиганием навески угля в струе кислорода с последующим улавливанием образующихся воды и двуокиси углерода.

Азот определяют специальным методом. Содержание кислорода определяют по разнице между 100% и содержанием в процентах углерода, водорода и азота. По элементарному составу можно приблизительно определить выход продуктов коксования, теплоту сгорания, температуру и состав продуктов горения.

Теплота сгорания является одной из важных теплотехнических характеристик углей. Теплота сгорания углей зависит от содержания влаги, зольности и состава органической массы углей и может колебаться в широких пределах. Приблизительно теплоту сгорания можно определить по эмпирической формуле Д. И. Менделеева

$$Q_{\text{в}}^{\text{г}} = 81C + 300H - 26(O - S), \text{ ккал/кг,}$$

где C, H, O и S — содержание в угле соответствующих элементов, %.

Более точно теплоту сгорания определяют калориметрическим методом. Для этого навеску угля полностью сжигают в атмосфере кислорода в бомбе, помещенной в термостат (водяной калорифер). По повышению температуры воды, окружающей бомбу (с учетом поправки на радиацию калориметра), вычисляют теплоту сгорания угля, которую выражают чаще в килокалориях на 1 кг горючей массы $Q_{\text{г}}^{\text{г}}$.

Для оценки теплопроизводительности углей в натуральном виде при теплотехнических работах производят пересчет значения $Q_{\text{г}}^{\text{г}}$ с учетом содержания балласта в топливе на низшую теплоту сгорания рабочего топлива $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$.

Летучие вещества. При нагревании углей без доступа воздуха происходит его разложение. Образующиеся при этом жидкие (парообразные) и газообразные продукты разложения называются летучими веществами, а оставшийся твердый остаток — коксовым корольком. Определение летучих веществ производят нагреванием в фарфоровом тигле при температуре 850°C в течение 7 мин навески угля, доведенной до воздушно-сухого состояния и измельченной до крупности 0,2 мм. Потерю веса (массы) пробы принимают за выход летучих веществ в процентах за вычетом содержания имевшейся влаги. Получаемый выход летучих веществ относят к горючей массе угля и обозначают $V^{\text{г}}$. Летучие вещества бурых углей составляют 45—60%, сапропелитов — более 80%, каменных углей — 8—50%, антрацитов — не более 8%. Выход летучих веществ каменных углей характеризует их свойства и является одним из основных параметров промышленной классификации углей. Коксовый корольек может быть порошкообразным, слипшимся, спекшимся, сплавленным, вспученным, сплавленным-вспученным.

§ 3. Обработка углей растворителями

При воздействии на уголь органическими растворителями и их смесями (бензолом, спиртом, хлороформом, дихлорэтаном, пиридином и др.) в раствор переходит часть органической массы, называемой битумами. Количество экстрагируемых битумов и их свойства зависят от вида угля и растворителя, температуры и

давления процесса, степени измельчения угля. Наибольшее распространение получил метод экстрагирования спирто-бензолом в соотношении 1 : 1.

Торфы и молодые бурые угли дают выход битумов более 16%. С ростом степени углефикации выход битумов падает и у длинно-пламенных и газовых каменных углей не превышает 4—5%. У остальных марок углей он не составляет и доли процента.

Битумы бурых углей представляют собой вещество темно-бурого цвета и состоят из восков и смол, которые могут быть разделены ацетоном. Воски состоят из высокомолекулярных жирных кислот, спиртов и эфиров. Наиболее ценными битумами считаются те, которые содержат больше воска. Битумы, извлекаемые на промышленных установках из торфа и молодых бурых углей (Александрийские месторождения) спиртобензолом или дихлорэтаном и очищенные от смол, называются горным воском, который применяется в электротехнической и бумажной промышленности, заменяя растительные воски.

После извлечения битумов при обработке торфа или угля водным раствором щелочи в раствор переходят гуминовые кислоты, которые окрашивают раствор в бурый цвет и при его подкислении выпадают в виде бурого хлопьевидного аморфного осадка. Непрореагировавшая со щелочью часть угля называется остаточным углем.

Гуминовые кислоты представляют собой сложные высокомолекулярные вещества, состоящие из ароматических ядер с боковыми цепями. Молекула гуминовой кислоты характеризуется наличием карбонильных, карбоксильных, метаксильных, гидроксильных фенольных групп и ненасыщенных связей. Растворимость гуминовых кислот в щелочах определяется содержанием в них карбоксильных групп и фенольных гидроксидов.

Выход гуминовых кислот из торфов составляет 45—46%. По мере перехода торфа в бурые угли выход гуминовых кислот возрастает и достигает наибольшего значения у мягких землистых бурых углей (62—78%). При переходе землистых бурых углей в плотные, вследствие отщепления карбоксильных групп и образования кальциевых солей, выход гуминовых кислот из них падает, а количество остаточного угля возрастает. Также увеличивается содержание в них углерода и уменьшается содержание кислорода.

Таким образом, гуминовые кислоты присущи углям только в торфяной и буроугольной стадиях углеобразования. В каменных углях гуминовых кислот нет, эти угли имеют нейтральный характер и не реагируют со слабой щелочью даже под давлением.

Гуминовые кислоты применяются как антисептики для пропитки древесины, для стабилизации глинистого раствора при бурении нефтяных и газовых скважин, при производстве свинцовых аккумуляторов и др. Повышенный выход гуминовых кислот является признаком хорошей брикетированности углей.

§ 4. Пиролиз углей

Процесс разложения углей при нагревании без доступа воздуха называется пиролизом.

Термическое разложение углей начинается при довольно низких температурах и зависит от состава их органической массы и стадии метаморфизма.

Уголь, нагретый без доступа воздуха до 110—115°С, подсушивается. При нагреве до 200°С из него начинают выделяться окклюзированные (заключенные в порах) газы CO_2 , O_2 и N_2 . При температуре 250°С выделяются газы, содержащие помимо углекислоты и паров воды сероводород и легкие углеводороды. При дальнейшем нагревании из углей начинают выделяться пары смолы, газообразные углеводороды и вода разложения, или пирогенетическая вода. Образование смолы заканчивается при температуре около 550°С.

В результате термического разложения углей образуются летучие продукты и нелетучий твердый остаток.

При охлаждении летучие вещества конденсируются в парообразные вещества, в результате чего образуются смола, пирогенетическая вода и газ.

Различают два основных способа пиролиза углей: полукоксование, которое происходит при нагреве угля без доступа воздуха до температуры 500—600°С, и коксование, при котором уголь нагревается до 900—1100°С.

Процесс полукоксования применяется в технике для получения из угля сырья для химической переработки. Целью коксования является получение металлургического кокса. При коксовании получают также высококалорийный коксовый газ и химические продукты, важные для народного хозяйства.

Продукты, получаемые в этих процессах, значительно отличаются по своим свойствам. Так, твердый остаток полукоксования по составу занимает промежуточное положение между исходным углем и коксом. Смола и газ, получаемые в процессе коксования, по составу и свойствам значительно отличаются от продуктов полукоксования, так как являются продуктами вторичных превращений полукоксовой смолы и газа под влиянием высоких температур. Поэтому полукоксовая смола и газ называются первичными смолой и газом.

Выход и состав продуктов термического разложения углей зависят от природы исходных углей, температуры и скорости процесса. Так, с увеличением степени углефикации выход твердого остатка (полукокса) увеличивается, а выход первичной смолы и газа уменьшается. Выход летучих продуктов полукоксования, особенно выход первичной смолы у сапропелитовых углей, значительно выше, чем у гумусовых. По выходу и составу продуктов разложения определяют природу угля. Первичные смолы из сапропелитовых углей не содержат ароматических углеводородов — фено-

лов, смол и асфальтенов. Первичные смолы торфов и землистых бурых углей содержат твердые парафиновые углеводороды и воски. Первичный газ гумусовых углей характеризуется высоким содержанием углекислого газа (до 25%), а первичный газ сапропелитовых углей — высоким содержанием метана (40—42%). Первичный газ каменных углей в основном состоит из метана и водорода. С увеличением температуры пиролиза возрастает содержание в газе водорода и метана вследствие разложения более сложных углеводородов.

Термическая переработка позволяет более полно и комплексно использовать добываемые угли в народном хозяйстве. Термическое разложение лежит в основе энергетического использования топлива. Летучие вещества, полученные при этом, используются для химической промышленности, а твердый остаток — как энергетическое топливо.

Г л а в а X V

ПОЛУКОКСОВАНИЕ УГЛЕЙ

§ 1. Общие сведения

Целью полукоксования является получение из углей первичной смолы, перерабатываемой затем в жидкое топливо, и полукокса, используемого как высококалорийное, бездымное топливо с хорошей реакционной способностью. Кроме того, при полукоксовании получают первичный, или полукоксовый газ, состав и калорийность которого зависят от конструкции печи, и легкое масло, или газовый бензин, и пирогенетическая вода.

Для полукоксования используются различные виды твердого топлива, преимущественно с большим выходом летучих веществ и повышенным выходом первичной смолы (торф, землистые бурые угли, длиннопламенные и газовые каменные угли, сапропелиты и горючие сланцы). Большое развитие получило полукоксование буроугольных брикетов.

Первичная смола является основным продуктом полукоксования. Она используется для получения бензина, керосина, смазочных масел, парафинов, фенолов и других продуктов. Смола из гумусовых углей представляет собой темно-бурю вязкую жидкость с резким запахом дегтя. Выход первичной смолы зависит от исходного сырья, конструкции печей, режима полукоксования и составляет от 3 до 30%. У сапропелитов и сапропелитовых углей (богхедов) выход смолы доходит до 49—69%.

При быстром нагреве угля первичные продукты его разложения не успевают удаляться и подвергаются дополнительному разложению, в результате чего выход первичной смолы уменьшается и ее качество ухудшается, а выход газа увеличивается.

Полукокс — твердый, пористый, более обуглероженный, по сравнению с обуглероженностью исходного угля, продукт с выходом летучих от 9 до 22,5% и теплотой сгорания 7000—8300 ккал/кг. Полукокс имеет высокую реакционную способность, легко загорается, горит без копоти и пламени. Он имеет высокую температуру горения и в зависимости от исходного угля и условий полукоксования получается в кусковом или в мелкоизмельченном виде. Выход полукокса составляет 55—75% исходного угля. Полукокс применяется как энергетическое топливо для слоевого и пылевидного сжигания.

Газовый бензин, или легкое масло, представляет собой легкие погоны первичной смолы и получается промывкой полукоксового газа поглотительными маслами. Он является высококачественным моторным топливом и растворителем. Выход его доходит до 1% массы (веса) исходного угля.

Пирогенетическая вода имеет повышенное содержание фенолов и на некоторых заводах, перерабатывающих бурые угли, служит сырьем для их получения. Фенолы используются при производстве пластических масс.

§ 2. Печи для полукоксования

По способу передачи тепла к углю печи бывают с внешним и внутренним обогревом. По конструктивным особенностям они делятся на шахтные, тоннельные, вращающиеся и неподвижные.

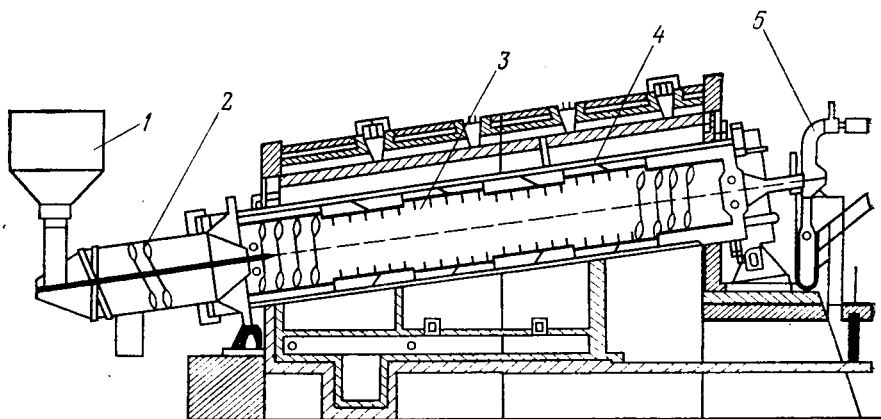


Рис. 74. Схема устройства полукоксовой вращающейся печи с внешним обогревом

На рис. 74 показана вращающаяся печь с внешним обогревом, которая состоит из двух вставленных друг в друга наклонно расположенных барабанов длиной 20 м и диаметром 1,7 и 3 м, вращающихся с частотой 0,7 об/мин. Уголь из бункера 1 шнеком 2 транспортируется по внутреннему барабану 3, где подсуши-

вается теплом, получаемым через стенку из наружного барабана 4. В конце барабана уголь пересыпается в наружный барабан, обогреваемый через стенку снаружи, и, перемещаясь в обратном направлении, нагревается до 600°C . Летучие продукты разложения угля выводятся из печи по трубе 5, а полукокс разгружается в нижней части барабана. Производительность такой печи на газовом угле составляет 60—80 т/сутки. Основным недостатком печей с внешним обогревом является малая, производительность и высокая стоимость эксплуатации.

В печах с внутренним обогревом передача тепла происходит в результате непосредственного соприкосновения теплоносителя с углем. В настоящее время наибольшее распространение получила многозонная шахтная печь (рис. 75). Печь состоит из двух шахт 1 и 2, между которыми расположены топочные устройства. Каждая шахта состоит из камеры сушки 3 и камеры полукоксования 4. Эти камеры соединяются переточными рукавами 5, по которым подсушенный уголь из камеры сушки самотеком поступает в камеру полукоксования.

Исходный уголь конвейером подается в бункер 6 каждой зоны и затем по мере продвижения материала по высоте печи поступает в камеру сушки. Сушка угля осуществляется дымовыми газами, получаемыми от сжигания полукоксового газа в топке 7. Продукты горения температурой $1400\text{—}1600^{\circ}\text{C}$ смешиваются затем с обратным газом, забираемым из камеры сушки и имеющим температуру $120\text{—}150^{\circ}\text{C}$. Получаемый сушильный газ-теплоноситель температурой $230\text{—}300^{\circ}\text{C}$ под давлением, создаваемым расположенным сбоку дымососом, поступает сначала в распределительные каналы 8, находящиеся по обе стороны топки, затем через боковые окна — в колосниковые каналы 9 и 10, имеющие вид перевернутых открытых снизу желобов. Из каналов теплоноситель проникает в массу угля, нагревает его и вместе с парами воды поднимается вверх, поступая в желобообразные каналы 11. Из этих каналов под действием тяги дымососа теплоноситель направляется в сборный канал 12, из которого часть газов забирается дымососом и направляется в виде обратного газа в смесительную камеру для разбавления горячих газов из топки, а часть выбрасывается через свечу 13 в атмосферу.

Газ-теплоноситель для камеры полукоксования получается смешением продуктов горения, получаемых в топке 14, с циркулирующим охлаждающим газом. Охлаждающий газ представляет собой часть обратного газа, т. е. полукоксового газа, охлажденного и очищенного от паров воды. Этот газ подается в бункер полукокса для его охлаждения.

Получаемый в результате смешения газ-теплоноситель температурой $600\text{—}650^{\circ}\text{C}$ поступает в камеру полукоксования через дутьевые отверстия 15, находящиеся в колосниках 16. В нижнюю часть камеры через колосники 17 из жаропрочного чугуна выходит из бункера отработанный охлаждающий газ, который в ре-

зультате охлаждения полукокса нагревается до $350\text{--}550^{\circ}\text{C}$ и затем смешивается с продуктами полукоксования и газом-теплоносителем.

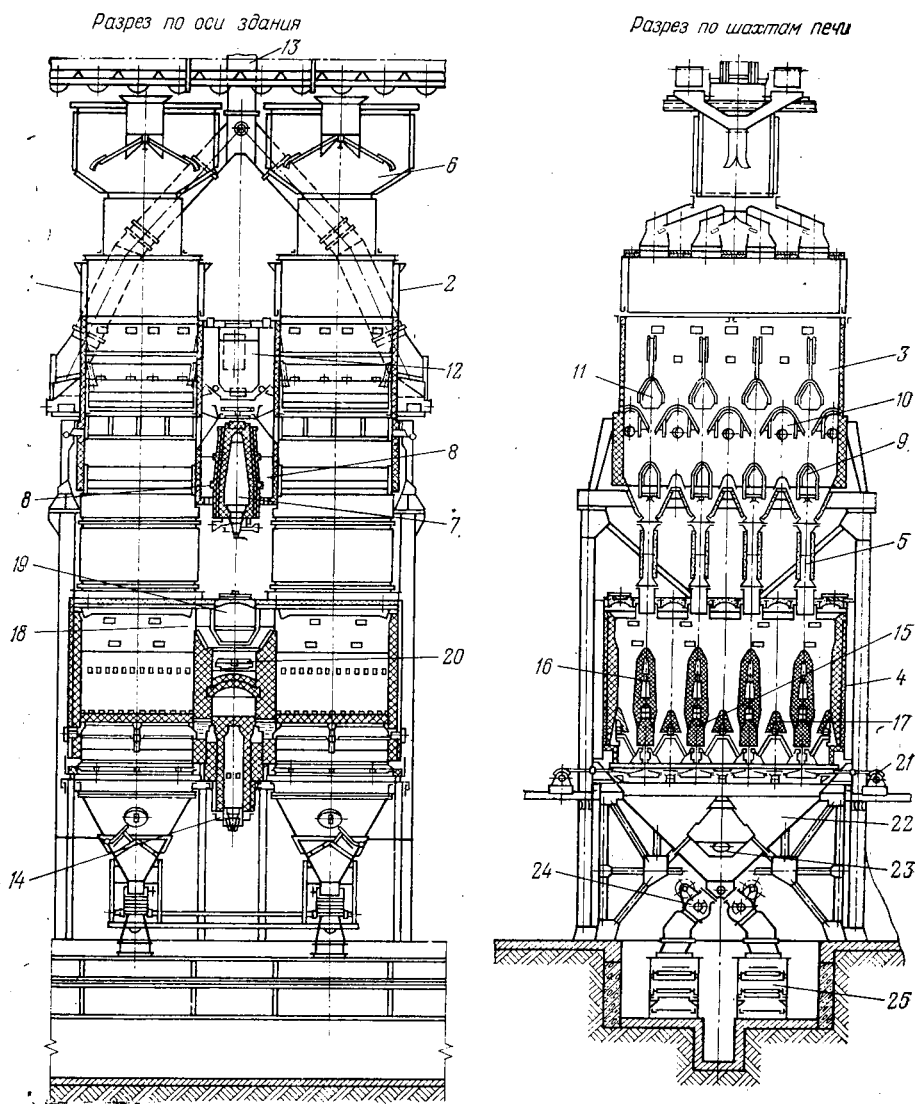


Рис. 75. Многозонная шахтная полукоксая печь с внутренним обогревом

Проходя через слой топлива, смесь горячего охлаждающего газа и газа-теплоносителя нагревает его, а сама смесь охлаждается до $220\text{--}300^{\circ}\text{C}$. Сырой полукоксый газ собирается в верх-

ней части камеры и через окна 18 поступает в газосборный канал 19, который очищается от пыли скребком 20. Затем газ направляется на охлаждение и улавливание продуктов полукоксования.

Полукокс из камеры полукоксования через щелевидные отверстия, расположенные внизу ее, с помощью периодически действующего разгрузателя 21 выпускается в бункер горячего полукокса 22. Изменением количества открываемых щелей в единицу времени регулируется скорость движения материала и время его пребывания в печи. В нижнюю часть каждого бункера горячего полукокса через ввод 23 подается охлаждающий полукоксовый газ. Охлажденный до 150—250°С полукокс через выгрузатель полукокса 24 поступает в закрытый скребковый конвейер 25 и направляется на дальнейшее охлаждение водой или инертным газом.

Многозонная печь не закрыта сверху и поэтому для нормальной ее работы очень важно соблюдение определенного гидравлического режима. Повышение давления в камере полукоксования может вызвать утечку полукоксового газа из камеры полукоксования в камеру сушки, что приведет к потере газа и смолы. При недостаточном давлении в камере полукоксования в нее проникают газы из камеры сушки и разбавляют полукоксовый газ дымовыми газами и водяными парами. Для нормальной работы печи стремятся поддерживать давление полукоксового газа в середине переточных рукавов, равное 10—15 мм вод. ст.

Время пребывания топлива в камере сушки составляет 7—13 ч, в переточных рукавах 2—3 ч и в камере полукоксования 8,5—10,5 ч. Производительность многозонной печи при полукоксовании углей и буроугольных брикетов доходит до 500 т/сутки. Количество избыточного газа составляет 30—40 м³ на 1 т угля или брикетов.

Существенным недостатком печей с внутренним обогревом является низкая теплота сгорания полукоксового газа (1000—1200 ккал/м³).

Многозонные печи служат для полукоксования кускового угля и буроугольных брикетов.

Глава XVI

КОКСОВАНИЕ УГЛЕЙ

§ 1. Сущность процесса коксования

При коксовании уголь, измельченный до крупности менее 3 мм, нагревается без доступа воздуха до температуры 900—1100°С. Процесс коксования угля осуществляется в вертикальных камерах коксовых печей, обогреваемых снаружи, и протекает в несколько стадий от стенок камеры к центру.

В начальный период при нагреве до 100°C из угля выделяется адсорбированная им влага, затем при 200°C из микроскопических пор углей удаляются окклюдированные газы. В интервале температур $250\text{—}350^{\circ}\text{C}$ входящие в состав угля органические вещества начинают разлагаться с образованием окиси углерода, паров воды, сероводорода и других соединений. При дальнейшем повышении температуры уголь переходит в пластическое состояние. В этот период из него начинают выделяться пары смолы и газообразные углеводороды.

При температуре $450\text{—}500^{\circ}\text{C}$ происходит энергичное разложение пластической массы с образованием первичной смолы, первичного газа и твердого остатка (полукокса).

При дальнейшем повышении температуры от 500 до 1100°C слой полукокса выделяет большое количество газов, в основном водорода, при этом происходит усадка полукокса и постепенное превращение его в высокотемпературный кокс.

В камере коксовой печи превращение пластической массы в полукокс, а затем в кокс происходит послойно.

Пластическая масса представляет собой систему, состоящую из твердой, жидкой и газообразной фаз. Присутствием жидкой фазы объясняется малая газопроницаемость пластической массы.

Переход угля в пластическое состояние обуславливается протеканием ряда химических процессов термического разложения органической части углей и образованием продуктов, обладающих свойствами пластичности. Неплавкие компоненты угля диспергируются в расплавленной массе.

Образующиеся у стен коксовой камеры пластические слои движутся к центру загрузки. Скорость перемещения пластических слоев зависит от температуры, равномерности обогрева и размера камеры коксования, а также от теплопроводности огнеупорной кладки. В конце процесса коксования перемещающиеся пластические слои сливаются в центре загрузки, образуя так называемый температурный шов. Таким образом, температуры в различных точках угольной загрузки неодинаковы. Чем ближе слой угля находится к стенке камеры, тем быстрее растет его температура и интенсивнее протекает процесс.

При температуре около 500°C происходит энергичное разложение угля с образованием первичной смолы, первичного газа и твердого остатка (полукокса). Образование полукокса заканчивается при температуре около 550°C . При дальнейшем повышении температуры до 1100°C полукокс подвергается вторичной деструкции и усадке, в результате чего образуются высокотемпературные продукты коксования — кокс, коксовый газ, смола, сырой бензол, аммиачная вода.

При коксовании углей одновременно протекают следующие химические процессы: химическая деструкция (расщепление молекул высокомолекулярного угольного вещества) при низких

температурах, поликонденсация (образование новых высокомолекулярных веществ из продуктов деструкции).

Газовыделение является важным фактором в процессе образования газообразных и парообразных продуктов коксования. Летучие вещества в начальном периоде коксования устремляются внутрь угольной загрузки, но по мере образования пластического слоя направление движения летучих веществ изменяется, вследствие большого сопротивления их движению пластической массы и малой проницаемости полукокса, а также вследствие сопротивления слоя угля пропитанного смолой. Летучие продукты, образующиеся в самой пластической массе, находят выход к горячей стороне через слой полукокса и кокса и к холодной стороне через слой угля, пропитанного смолой, поднимаясь затем в подсводовое пространство камеры. Летучие продукты, выделяющиеся из полукокса, не могут проникнуть внутрь угольной загрузки вследствие сопротивления пластического слоя, поэтому они направляются к стенкам камеры через трещины кокса, поднимаются вдоль стен и выходят в подсводовое пространство.

Небольшое количество летучих продуктов из зоны готового кокса также направляется в подсводовое пространство камеры. Таким образом, все газы, образующиеся в камере коксовой печи, собираются и смешиваются в подсводовом пространстве печи.

Выход и качество летучих продуктов коксования зависят от температуры обогрева печей, температуры и объема подсводового пространства камеры.

Температура и объем подсводового пространства влияют на глубину пиролиза летучих веществ процесса коксования. Температура $760\text{--}780^{\circ}\text{C}$ является наиболее оптимальной температурой подсводового пространства, так как при этой температуре наблюдается наибольший выход химических продуктов коксования. При температуре в подсводовом пространстве выше 780°C пиролиз летучих веществ более глубокий, что приводит к потере образующихся ценных химических продуктов. Так, смола, разлагаясь, выделяет свободный углерод, который ухудшает ее качество. Глубокий пиролиз летучих веществ ведет к образованию карбидов, которые графитизируют кладку печей, ухудшая и осложняя их работу.

§ 2. Сырье для коксования и подготовка углей к коксованию

1. Подбор угольных шихт

При подборе состава шихт для коксования учитывают требования, предъявляемые к качеству кокса различными потребителями. Так, для получения доменного кокса подбирают определенный состав углей, которые дают механически прочный кусковой кокс, обладающий хорошей пористостью и реакционной способ-

ностью. Для коксогазовых заводов необходим наибольший выход газа, поэтому составляют шихты из углей с высоким выходом летучих веществ. Угольные шихты для коксования представляют собой смеси углей различных марок. К коксующимся углям относятся угли марок Ж, КЖ, ОС и К. Марки углей К₂, ГЖ, Г и СС для производства кокса непригодны, но их используют в угольной шихте как присадочные угли.

Состав угольных шихт подбирают на основе не только спекаемости и коксуемости отдельных углей, но и учитывают содержание в них минеральных примесей и серы. Угли для коксования должны иметь невысокую зольность и небольшое содержание серы. Минеральные примеси почти целиком при коксовании переходят в кокс. Зольность кокса (ожидаемую) подсчитывают по формуле

$$A_k^c = \frac{A_{ш}^c \cdot 100}{B}, \%,$$

где A_k^c — зольность кокса, %; $A_{ш}^c$ — зольность угольной шихты, %; B — выход сухого валового кокса, % от массы (веса) исходной шихты.

Состав угольной смеси для коксования подбирают таким образом, чтобы можно было получить кокс заданной зольности.

Угли высокой зольности обогащают, в результате чего удаляется большая часть минеральных примесей, улучшается спекаемость углей и значительно возрастает прочность кокса. На коксохимических заводах зольность угольных шихт для коксования не превышает 7,5%, а влажность — 8%.

С увеличением зольности в коксе повышаются расход его в домне и количество флюсов, необходимых для ошлакования золы, и снижается производительность доменной печи. Минеральные примеси, содержащиеся в угольной массе в виде отдельных зерен, снижают механическую прочность полученного кокса. Ориентировочно подсчитано, что снижение зольности кокса на 1% увеличивает производительность доменной печи на 2,5% и уменьшает расход кокса на 2%.

При получении кокса для производства бессемеровского чугуна угольные шихты должны содержать пониженное количество фосфора, так как он полностью переходит в кокс.

Наиболее вредной примесью в угольных шихтах являются сернистые соединения. Содержащие серу органические вещества углей частично разлагаются при коксовании, но приблизительно 70% серы остается в коксе. Остальная (летучая) сера переходит в газообразные соединения.

Увеличение содержания серы в коксе на 1% повышает расход кокса на 20% и флюсов на 10—20%, производительность доменной печи снижается на 20—30%. Сера кокса переходит в чугун, делая его более хрупким, поэтому к содержанию серы в коксе предъявляют весьма строгие требования. В доменном коксе со-

держание серы не должно быть более 1,7—1,8%, а в литейном — не более 1%.

Начальное содержание и вид серы в исходном угле дают возможность определить ожидаемое содержание ее в коксе. Отношение содержания серы в коксе к содержанию ее в исходной шихте называется коэффициентом остаточной серы K

$$K = \frac{S_k^c}{S_{ш}^c}, \%,$$

где S_k^c — содержание серы в коксе на сухую массу, %; $S_{ш}^c$ — содержание серы в шихте на сухую массу, %.

Коэффициент остаточной серы зависит от начального содержания и вида серы в исходной шихте, выхода летучих веществ из шихты и температурного режима коксования. При выходе летучих веществ около 20% количество летучей серы составляет 28—32%, а при выходе летучих веществ 35% — до 40% общей серы в угле.

Коэффициент остаточной серы на коксохимических заводах Донбасса составляет в среднем 0,82—0,84.

Жирные угли являются основным компонентом современных шихт, они обеспечивают получение хорошо спекшегося и проплавленного кокса высокой прочности. Однако при самостоятельном коксовании или избыточном содержании их в шихте вследствие жидкоподвижной пластической массы образуется трещиноватый, мелкокусковой и непрочный кокс. Поэтому такие угли коксуют с отошающими добавками.

Коксовые угли обеспечивают нормальную структуру, однородную кусковатость и высокую прочность кокса. Отличаются они от жирных углей тем, что могут принимать ограниченное количество отошающих добавок.

Газовые угли, присутствуя в шихте, увеличивают выход газа и химических продуктов коксования (смолы и углеводородов бензольного ряда), они снижают давление распираания в камере коксовой печи и обеспечивают легкую выдачу готового кокса. При самостоятельном коксовании газовые угли дают мелкий, легкодробимый, проплавленный кокс.

Широкое применение в угольных шихтах коксовых заводов газовых и тощих углей имеет огромное народнохозяйственное значение. Эти угли раньше не использовались для целей коксования. В настоящее время на некоторых коксовых заводах содержание газовых углей в шихте доходит до 25%.

Качество кокса в значительной степени зависит от характера процесса выделения летучих веществ. Если в период пластического состояния при температурах близких к образованию полукочка выделение летучих веществ достигает максимума, то выход кокса высокий. При интенсивном выделении летучих веществ в период после образования полукочка образуется большое коли-

чество трещин, по которым полученный кокс легко раскалывается при механическом воздействии, т. е. кокс получается более низкого качества.

Определение коксующести углей (пластометрическим методом) и выхода летучих веществ дает возможность подбирать необходимый состав угольной шихты, которая при определенных подготовках к коксованию и технологическом режиме обуславливает кокс требуемого качества. Выход валового кокса подсчитывается по формуле

$$B_k = \frac{100 - V_{ш}^c}{100 - V_k^c} 100 + \alpha,$$

где B_k — выход сухого валового кокса, % от веса исходной шихты; $V_{ш}^c$ — выход летучих веществ из шихты (на сухую массу), %; V_k^c — выход летучих веществ из валового кокса (на сухую массу), %; α — поправка, связанная с более глубоким пиролизом углеводородов в производственных условиях по сравнению с пиролизом в лабораторном тигле; α в среднем равно 1,5%.

На основании формулы для определения выхода валового кокса можно вычислить коэффициент озоления, который зависит от выхода летучих веществ шихты и кокса,

$$K_{оз} = \frac{100}{B_k}.$$

Типовые составы шихт углей Донецкого бассейна приведены в табл. 13.

Таблица 13

Примерный состав шихт для коксования из углей Донбасса, %

Марка угля	Производство доменного кокса (в динасовых печах) для домен		Производство литейного кокса (в шамотных печах)
	большого объема	среднего объема	
Г	25	28—30	—
Ж	37	35—37	55
К	19	17	30—35
ОС	19	17	—
Т	—	—	10—15

Для производства доменного кокса в Кузнецком бассейне используют в шихтах для коксования угли марок К₂ (30—34%); КЖ 14 (27—28%); ГЖ26 (23—25%) и Г17 (16—18%).

На крупных коксохимических заводах Донбасса используются угли нескольких шахт; их компонуют по сернистости и спекаемости в группы, называемые шахтогруппами. В Кузнецком бас-

сейне каждый компонент шихты представлен углем одной шахты, но так как пласты кузнецкого угля петрографически неоднородны, необходимо следить за постоянством качества поставляемого угля.

2. Способы оценки углей как сырья для коксования

В результате перехода углей в пластическое состояние происходит связывание между собой зерен угля и образование кусков. Это явление называется спекаемостью углей. Спекаемость углей зависит от многих факторов — крупности и петрографической однородности материала, скорости нагрева, интенсивности процесса газовыделения, плотности загрузки, степени равномерности распределения зерен — и является очень важным показателем, используемым в коксовой промышленности. Некоторые угли способны не только самостоятельно спекаться, но и спекать зерна инертных материалов.

Существуют различные методы определения спекаемости углей. Международная классификация углей предусматривает определение степени вспучивания измельченного угля при нагревании его в закрытом тигле до температуры 820°C . Полученный коксовый королёк сопоставляется с контурами комплекта стандартных профилей королёков.

По методу Рога спекаемость определяется по механической прочности королёка кокса, полученного из смеси 1 г испытуемого угля и 5 г антрацита, который является инертной добавкой.

Коксуемость — это совокупность всех необходимых свойств угля, которые при определенных условиях обеспечивают получение кокса требуемого качества. Спекание является обязательной стадией процесса коксообразования.

Имеется несколько теорий коксуемости. Одни исследователи рассматривают процесс перехода угля в пластическое состояние и спекание как ряд химических процессов, протекающих как внутри зерен, так и при их взаимодействии с продуктами разложения угля.

Другие исследователи придерживаются мнения, что в пластическом слое спекающихся углей угольное вещество находится в вязкотекучем состоянии, а в полукоксе и коксе сохраняются лишь контуры запеченных угольных зерен, не перешедших в вязкое состояние, и контуры минеральных веществ.

Л. М. Сапожников и Л. П. Базилевич в 1932 г. предложили пластометрический метод определения коксуемости углей, который принят как стандартный (ГОСТ 1186—48).

Пластометрический метод исследования осуществляется в специальном аппарате (рис. 76), главной частью которого является стальной стакан 1 цилиндрической формы, в который помещается проба испытуемого угля массой (весом) 100 г, измельченная до крупности менее 1,5 мм. Стакан герметически закрывается сверху. Штемпель 3 соединяется с рычагом 2, к которому подве-

шен груз 4 с таким расчетом, чтоб на пробу угля передавалось давление 1 кгс/см². Стакан нагревается снизу, причем температура повышается до 250°С в течение 30 мин, а затем до температуры 750°С нагрев ведется со скоростью 3°С в 1 мин. Вследствие плохой теплопроводности угля процесс коксования в стакане протекает постепенно снизу вверх. Вверх перемещается пластический слой, толщина которого измеряется специальной иглой — пласти-

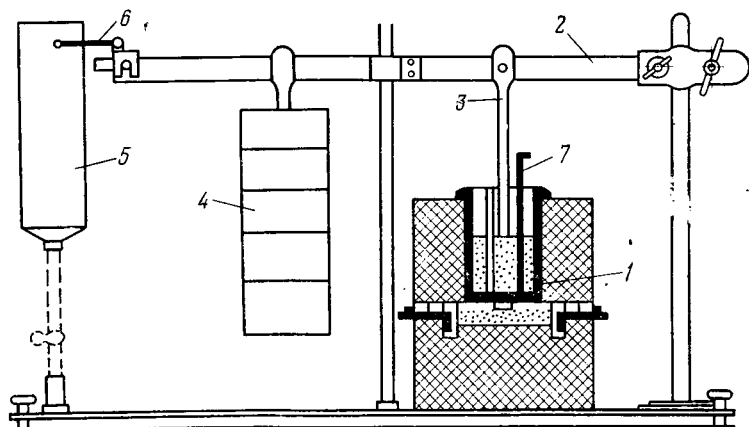


Рис. 76. Устройство пластометрического аппарата

метром 7. Толщину пластического слоя определяют и обозначают буквой y . Этот параметр характеризует степень размягчения углей. Изменение объема регистрируется кривыми, которые записываются на миллиметровой бумаге самопишущим пером 6 на барабане для записи 5. Снижение объемной кривой к концу опыта дает второй параметр — усадку в миллиметрах. Этот параметр является показателем качества кокса и зависит от характера пластической массы, динамики газовыделения, протекания процессов усадки в полукokesе.

Пластометрические параметры характеризуют степень пригодности данных углей для коксования. На основе этих параметров разработана технологическая классификация углей различных месторождений.

Угольные шихты, толщина пластического слоя которых по пластометрическому методу равна 16—19 мм, наиболее оптимальны для производства высококачественного кокса.

3. Подготовка углей к коксованию

В зависимости от характеристики используемых для коксования углей применяется определенная технологическая схема подготовки шихты. В углеподготовительный цех поступают обогащенные ря-

довые малозольные угли и угли, подлежащие обогащению. На некоторых коксохимических заводах в состав углеподготовительного цеха входит обогатительная фабрика.

Углеподготовительный цех имеет отделение приема угля, угольные склады, дозирочные отделения, а также отделения дробления и смешивания угольных шихт.

Из отделения приема уголь поступает на склад открытого или закрытого типа, где происходит хранение, усреднение и дозирование углей. Со склада уголь попадает в отделение предварительного дробления, а оттуда в дозирочные бункера с автоматическими дозирующими устройствами, которые обеспечивают точность дозирования углей и предотвращают его зависание в бункерах. Из дозирочного отделения угольная шихта подается в отделение окончательного дробления и смешения углей, где измельчается до крупности менее 3 мм. Содержание класса менее 3 мм в угольных шихтах должно быть: 90—95% при обогащенных углях; 88—91% при обогащенных углях с участием в шихте до 22% газовых углей; 91—93% при рядовых необогащенных углях. Из отделения окончательного дробления и смешения углей шихта направляется в угольную башню емкостью около 3000 т, что соответствует примерно суточному запасу цеха.

Наличие крупных зерен в углях отрицательно сказывается на механической прочности получаемого кокса. Зерна слабоспекающихся компонентов шихты и минеральных примесей часто являются началом образования трещин в коксе. Трещины образуются также вследствие различных термических коэффициентов расширения и усадки углей и минеральных примесей. Прочность минеральных примесей значительно выше прочности углей, поэтому крупные зерна породы концентрируются в классе крупнее 3 мм. При обогащении углей крупные зерна породы удаляются, зольность отдельных классов уменьшается и качество кокса значительно повышается.

§ 3. Классификация углей

Основными параметрами для технологической классификации углей различных бассейнов приняты выход летучих веществ V^r и толщина пластического слоя y , определяемая в пластометрическом аппарате.

Для отдельных классификаций предусматриваются также другие параметры: рабочая влажность W^p , теплота сгорания Q_6^r , характеристика тигельного коксового остатка.

Угли Донецкого и Кузнецкого бассейнов классифицируются главным образом как сырье для коксования, поэтому основными параметрами технологической классификации этих углей, являются выход летучих веществ и толщина пластического слоя. Угли каждого бассейна подразделяются на марки и группы,

причем они имеют неодинаковые пределы классификационных параметров.

В табл. 14 приведена стандартизованная технологическая классификация углей Донецкого и Кузнецкого бассейнов. Цифровые индексы в технологической группе угля обозначают нижние пределы толщины пластического слоя углей различных групп.

Для углей отдельных бассейнов в настоящее время имеются государственные стандарты на промышленную классификацию (угли Печорского, Карагандинского бассейнов, Урала, Дальнего Востока, Средней Азии и др.).

В разработанном проекте единой классификации каменные угли и антрациты делятся на классы, в основу которых кроме

Т а б л и ц а 14

Технологическая классификация углей Донецкого и Кузнецкого бассейнов

Марка угля		Технологическая группа угля	Донецкий бассейн		Кузнецкий бассейн	
наименование	обозначение		УГ, %	у, мм	УГ, %	у, мм
Длиннопламенный	Д	—	37 и более	—	Более 37	—
Газовый	Г	Г6 Г14, Г16, Г17,	35 и более	6—15 16—25	Более 37	6—16 17—25
Газовый жирный	ГЖ	—	—	—	30—37	6—25
Жирный	Ж	Ж8, Ж10, Ж13 Ж18, Ж19, Ж21, Ж26	27—35 27—35	13—20 21 и более	— Более 33 и менее	— 26 и более
Коксовый жирный	КЖ	КЖ6, КЖ14	18—27	21 и более	25—30	6—13 14—25
Коксовый	К	К10 К13	18—27	14—20	17—25 Менее 25	10—12 13—25
Коксовый второй	К ₂	—	—	—	17—25	6—9
Отощенный спекающийся	ОС	ОС6, ОС	14—22	6—13 Менее 6	Менее 17	6—9
Тощий	Т	—	9—17	—	Менее 17	—

выхода летучих веществ на горючую массу и спекаемости введен новый параметр — петрографический состав.

По проекту единой классификации бурые угли СССР делятся на четыре класса в зависимости от влажности углей в пересчете на беззольную массу:

Класс	W. %
Б-1	>50
Б-2	40—50
Б-3	30—40
Б-4	<30

В свою очередь, классы делятся на группы в зависимости от выхода первичной смолы на горючую массу.

Международная классификация углей разбивает каменные угли и антрацит на классы, группы и подгруппы в соответствии со стадией их метаморфизма, спекаемостью и коксуемостью. По двум параметрам — выходу летучих веществ на горючую массу и теплоте сгорания на влажную беззольную массу угли разделяют на 9 классов.

Классы, в свою очередь, делятся на 4 группы в зависимости от спекаемости углей, а группы — на 6 подгрупп в зависимости от коксуемости углей. Тип угля обозначается тремя цифрами: первая — класс угля, вторая — группа, третья — подгруппа.

Классификация достаточно проста и удобна для пользования. Существенные недостатки ее: выбор методов и параметров для оценки коксуемости и спекаемости углей, являющихся в определенной степени равнозначными; не учтена петрографическая неоднородность углей.

В основу проекта промышленно-генетической классификации углей вместо выхода летучих веществ положена отражательная способность витринита, а для групп и подгрупп — показатели петрографического состава и спекаемости углей.

§ 4. Коксовые печи, их устройство и принцип работы

Для коксования углей применяются коксовые печи, основными узлами которых являются: камеры коксования, обогревательные простенки и регенераторы — устройства для использования тепла отходящих газов.

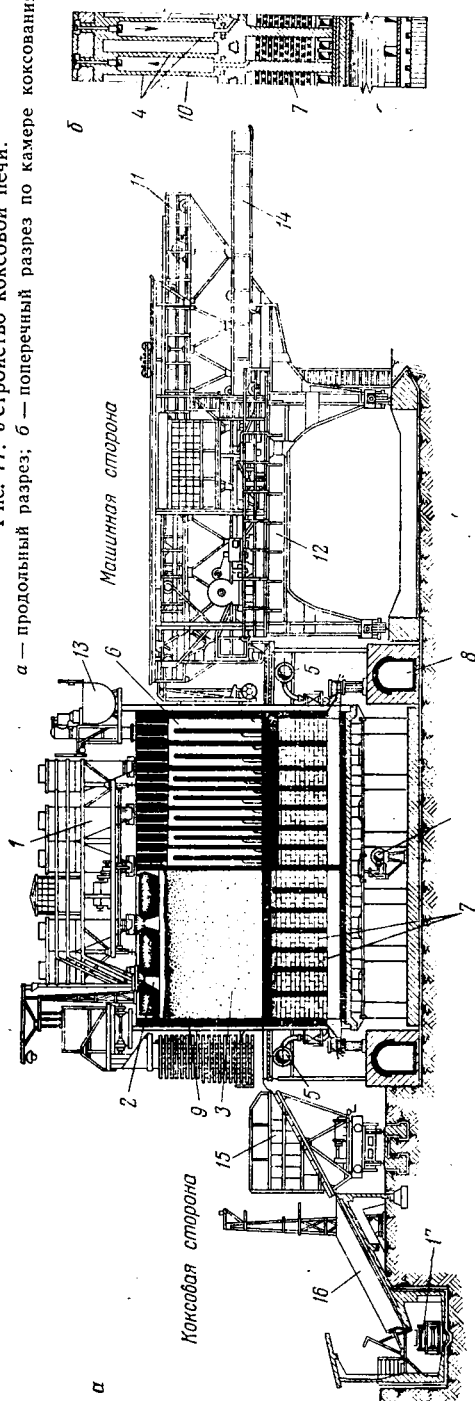
Обогревательные простенки имеют ряд вертикальных топочных каналов, в которых производится сжигание отопительного газа.

Регенераторы представляют собой камеры, заполненные специальным насадочным кирпичом. Они расположены на пути прохождения продуктов горения от обогревательных простенков к борю, который отводит продукты горения в дымовую трубу.

Коксовые печи для общего подвода отопительного газа, отвода летучих продуктов из камер коксования объединяются в блоки, или батареи. Число коксовых печей в батарее составляет от 45 до 77.

Рис. 77. Устройство коксовой печи:

а — продольный разрез; б — поперечный разрез по камере коксования



Процесс коксования в коксовых печах производится периодически.

Подготовленная к коксованию угольная шихта подается ленточным конвейером в угольную башню, которая расположена между двумя батареями коксовых печей. Для загрузки камеры коксовой печи (рис. 77) к башне подается загрузочный вагон 1. После взвешивания вагон направляется к загружаемой камере и после разгрузки шихты возвращается к угольной башне. Через люки 2 в камеру коксования 3 загружается угольная шихта. Обогрев камеры ведется по всей ее длине через стенки отопительных простенков 4, к которым по газопроводам 5 подводится отопительный газ.

Отопительные простенки по всей длине камеры разделяются на большое количество вертикальных каналов 6, или вертикалов, обеспечивающих равномерный обогрев камер коксования, нормальное движение газа, воздуха и продуктов горения, которые уходят из отопительных простенков. Под помом коксовых печей находится регенераторы с кирпичной насадкой 7, через которые поочередно через определенное время проходят продукты горения, воздух и газ (при обогреве печей низкокалорийным газом). Продукты горения, имеющие высокую температуру, проходя через на-

садку, нагревают ее, а воздух и низкокалорийный газ охлаждают ее и нагреваются сами. Таким образом, воздух и низкокалорийный газ поступают в отопительные простенки нагретыми, что дает экономию тепла, расходуемого на обогрев печей. Охлажденные в регенераторах продукты горения выводятся через боров 8 в дымовую трубу. Камера коксования с торцов герметически закрывается с двух сторон дверями 9 и каждая стенка 10 камеры коксования с одной стороны обращена внутрь камеры, а с другой стороны — внутрь отопительного простенка.

При загрузке угольной шихты в камеру коксования образуются конусы, разравниваемые планиром 11, который находится на коксовыталкивателе 12 и вводится в камеру через планирный люк. После загрузки угля в камеру люк закрывается и камера соединяется с газосборником 13, в который поступают образующиеся в процессе коксования газообразные и парообразные летучие вещества, направляемые далее в химический цех на конденсацию и дальнейшую переработку. Перед выдачей готового кокса камера отключается от газосборника и готовый кокс (пирог) выталкивается из камеры коксовыталкивателем, обслуживающим коксовые печи с машинной стороны. Коксовыталкиватель, кроме того, выполняет целый ряд операций: открывание и закрывание планирной дверцы, снятие и установку дверей камеры, выжиг сжатым воздухом графита на сводах камеры. Открывание дверей камеры с коксовой стороны производится двереснимателем, перемещающимся, как и коксовыталкиватель, вдоль батареи печей.

Выдача коксового пирога производится укрепленной на коксовыталкивателе штангой 14 с головкой, изготовленной из литой стали. Раскаленный кокс из камеры выдается в тушильный вагон 15 и электровозом доставляется в тушильную башню под оросительное устройство, где кокс тушится водой в течение 1—2 мин. Часть воды при этом испаряется (пар удаляется через вытяжную трубу в атмосферу), а часть воды поглощается коксом. Вагон после тушения некоторое время автоматически выдерживается под башней для стока воды. Затем кокс направляется на коксовую рампу 16, которая представляет собой платформу, установленную под углом 28° к горизонту. Она выложена жаропрочными или базальтовыми плитами. На платформе кокс выдерживается в течение 20 мин, влага при этом испаряется до 6% и кокс конвейером 17 подается на коксосортировку, где разделяется на классы: более 25 мм или более 40 мм, 10—25 и 0—10 мм.

Имеется способ сухого тушения кокса циркулирующими инертными газами с последующим использованием тепла этих газов для производства технологического и энергетического пара. Этот способ дает возможность использовать физическое тепло раскаленного кокса. При мокром способе тушения кокса тепловые потери составляют 40% общего расхода тепла на коксование. Для мокрого тушения кокса требуется большое количество воды

и, кроме того, загрязняется окружающая атмосфера. Сущность способа сухого тушения кокса заключается в следующем. Раскаленный кокс из камеры выдают в бункер, выполненный из железобетона и футерованный огнеупорным кирпичом. Через слой кокса продувают циркулирующие инертные газы. По мере прохождения через раскаленный слой кокса (1050°C) газы нагреваются до 800°C и затем направляются в паровые котлы — утилизаторы, где они охлаждаются примерно до 200°C и возвращаются обратно в бункер с раскаленным коксом. Кокс сухого тушения улучшает работу доменных печей, что объясняется отсутствием влаги в коксе, повышенной его прочностью по сравнению с коксом мокрого тушения, относительным постоянством ситового состава и плотности насыпной массы. Этот способ экономичен и в дальнейшем предусматривается перевести на сухое тушение около 30% кокса, производимого в СССР.

Коксовые печи обогреваются высококалорийным коксовым или бедным (доменным, генераторным) газами. Теплота сгорания коксового газа $4200\text{—}4500$ ккал/м³, доменного газа $900\text{—}980$ ккал/м³. Основным огнеупорным материалом, из которого сооружают коксовые печи, является динасовый кирпич. Кладка коксовых печей в процессе работы подвержена механическим, физико-химическим и температурным воздействиям. Так как основные узлы кладки коксовых печей недоступны в период эксплуатации печей, огнеупорный материал должен отвечать условиям работы, т. е. обладать высокими термостойкостью и механической прочностью и противостоять химическим воздействиям. Продолжительность коксовых печей и качество получаемого кокса зависят от размеров коксовой печи, особенно от ее ширины. С увеличением ширины камеры растет продолжительность коксования и количество получаемого кокса.

При коксовании хорошоспекающихся шихт используют более широкую камеру, а при коксовании плохоспекающихся шихт — более узкую.

Средняя ширина камеры коксования отечественных коксовых печей составляет 407 мм, в печи увеличенной емкости — 450 мм, при использовании в шихте газовых углей — 410 мм. Высота камеры типовых коксовых печей составляет 4,3 м и длина 13—14 м. Полезный объем камеры 20—22 м³. Разовая загрузка 16—17 т, плотность насыпной массы шихты 750—780 кг/м³, продолжительность процесса коксования 14—16 ч. Коксовые печи являются аппаратами непрерывного действия и должны непрерывно в течение 25 лет работать без перекладки.

В настоящее время широкое применение получили печи Гипрокса системы ПВР, имеющие парные вертикалы и рециркуляцию продуктов горения. Равномерность обогрева печей обеспечивается тем, что газ и воздух поступают в вертикалы параллельными струями. Парные вертикалы соединены перевальными окнами. Горение происходит в одном из вертикалов, а по другому вер-

тикалу отводятся продукты горения. Через окна, которые соединяют вертикалы, часть продуктов горения засасывается из вертикалов, работающих на нисходящем потоке, в вертикалы, работающие на восходящем потоке. При таком засасывании продуктов горения смесь разбавляется и замедляется процесс горения, что улучшает равномерность прогрева угольной загрузки камеры коксовой печи по высоте.

Длина камеры коксовой печи Гипрококса системы ПВР 15 м, высота 5 м, полезный объем печи 30 м³.

§ 5. Кокс и его свойства

Кокс является основным продуктом коксового производства и представляет собой твердый пористый остаток термической переработки спекающихся каменных углей, полученный при температуре 950—1100°С без доступа воздуха. Наиболее крупным потребителем кокса является металлургическая промышленность, которая потребляет до 90% всего производимого кокса. В доменном процессе кокс является восстановителем железных руд, разрыхлителем шихтовых материалов и источником тепла. В литейном производстве кокс в основном является источником тепла, необходимого для переплавки чугуна и скрапа. Различают кокс: доменный, литейный, для цветной металлургии, генераторный.

По внешнему виду кокс представляет собой куски удлиненной формы, серебристого или матового серо-черного цвета. Он имеет поперечные и продольные трещины, а внутри — большое количество пор.

Требования, предъявляемые к доменному и литейному коксу различны. Он должен при сжигании выделять как можно больше тепла и не содержать примесей (в особенности серы), которые ухудшают качество металла. При высоких температурах кокс участвует в прямом восстановлении руды, поэтому он должен обладать достаточной реакционной способностью и механической прочностью. Размер кусков доменного кокса не менее 25 мм.

Литейный кокс имеет куски не менее 40 мм, прочность его может быть меньше, чем прочность доменного кокса, так как высота вагранки, в которой используется кокс, значительно меньше высоты доменной печи. Кокс класса 10—25 мм направляется на газификацию, а кокс класса менее 10 мм — на агломерацию руд и пылевидное сжигание. Отдельные доменные печи объемом более 1100 м³ работают на коксе крупностью более 40 мм.

Выход летучих веществ характеризует степень готовности кокса и колеблется в среднем от 0,7 до 1,2%. Элементарный состав кокса также характеризует степень готовности кокса. Он содержит в горючей массе 94—96% углерода, 1,5% водорода, 1,5—2% кислорода. Теплота сгорания на горючую массу кокса составляет около 7900 ккал/кг. Зольность кокса зависит от исходной зольности

шихты. Для доменной плавки зола является балластом, уменьшающим содержание углерода, поэтому в настоящее время в СССР по техническим условиям допускается следующая зольность кокса, %:

Доменного:	
из донецких углей	9,5
из кузнецких углей	10,5
Литейного	10—12
Для цветной металлургии	16

При увеличении содержания серы в коксе увеличивается расход его в доменной печи и снижается ее производительность.

Содержание фосфора в коксе зависит от содержания его в шихте и не должно превышать при выплавке специальных чугунов 0,015%, а при производстве других металлов — 0,04%.

Горючесть и реакционная способность кокса также характеризуют его качество. Горючестью кокса называется скорость его горения ($C + O_2 \rightarrow CO_2$), а реакционной способностью — способность восстанавливать двуокись углерода ($C + CO_2 \rightarrow 2CO$).

Реакционную способность кокса можно значительно изменить добавлением окислов щелочных металлов (при увеличении) или силикагеля и алюминия (при уменьшении).

Наиболее важным показателем качества кокса является его прочность. Прочностью кокса называется его способность противостоять разрушению под воздействием многократных усилий (транспортирования, перегрузки).

Механическую прочность кокса характеризуют такие свойства, как дробимость, истираемость.

Дробимость кокса определяется путем четырехкратного сбрасывания его на стальную плиту с высоты 1,8 м и последующего ситового анализа.

Индекс сбрасывания, или показатель дробимости кокса, — это выраженное в процентах отношение массы (веса) оставшихся крупных кусков к массе исходного кокса. Механическую прочность кокса определяют во вращающемся барабане, в котором кокс подвергается главным образом истиранию в результате трения кусков друг о друга. Разрушение кокса в барабане происходит также и от дробления при ударе, так как при наличии в барабане внутренних ребер куски поднимаются ими вверх и затем падают вниз.

Стандартный барабан имеет диаметр 2000 мм, цилиндрическая поверхность его состоит из стальных прутьев диаметром по 25 мм, длиной 800 мм, с просветом между ними 25 мм. В барабан загружается 410 кг кокса крупностью более 25 мм. Барабан вращается в течение 15 мин с частотой 10 об/мин. Куски кокса при этом измельчаются и проваливаются через щели между прутьями барабана. Вес остатка кокса в барабане и выход мелочи (—10 мм) характеризуют показатель барабанной пробы.

Доменный кокс из донецких углей имеет показатель барабанной пробы не менее 330 кг, из кузнецких, карагандинских и кизеловских углей — около 325 кг. Для большегрузных доменных печей показатель барабанной пробы должен быть 340—350 кг.

В последнее время истираемость кокса оценивают по содержанию класса 0—10 мм в подбарабанном продукте при испытании кокса в стандартном микум-барабане диаметром 1000 мм. Испытанию подвергают 50 кг кокса крупностью более 40 мм. Внутри барабана имеются четыре уголка 100×100 мм. Барабан вращается в течение 4 мин с частотой 25 об/мин, после чего кокс подвергается рассеву. Прочность кокса характеризуется выходом классов более 40 мм (М40) и менее 10 мм (М10), выраженных в процентах. Прочность донецкого доменного кокса равна М40 (80—82%), кокса заводов Урала и Сибири — М40 (72—74%).

Глава XVII

ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЕЙ

§ 1. Общие сведения

Газификация топлива представляет собой термохимический процесс превращения углерода коксового остатка в горючие газы окислением его кислородом или кислородными соединениями (водяным паром или двуокисью углерода). Так как образованию коксового остатка предшествует сухая перегонка топлива, процесс газификации угля совмещается с процессом сухой перегонки и к горючим газам, образующимся из углерода коксового остатка, примешивается небольшое количество продуктов сухой перегонки угля (пары смолы, газ полукоксования и др.). Конечным остатком процесса являются зола и шлаки, в которых остается некоторое количество горючей части топлива, являющееся потерями процесса.

Газообразное топливо по сравнению с твердым имеет ряд преимуществ: оно полностью сгорает, не образует твердых остатков, процесс горения легко регулируется, не требуя большого избытка воздуха, в результате чего достигается высокая температура горения. Газообразное топливо широко используется при производстве синтетических материалов: аммиака, спиртов, пластических масс, жидкого топлива и др. Газификации подвергаются все виды твердого природного и искусственно полученного топлива: дерево, торф, бурые и каменные угли, антрацит, горючие сланцы, полукоксы и коксы.

Газификация топлива осуществляется в аппаратах — газогенераторах, представляющих собой вертикальную шахту, в которую сверху подается топливо, а снизу — дутье. По мере продвижения топлива сверху вниз оно претерпевает ряд изменений. Газогене-

ратор (рис. 78) состоит из металлического кожуха 1, который внутри имеет огнеупорную футеровку 2. В верхней части газогенератора находится устройство 3 для загрузки топлива и отверстие 4 для отвода генераторного газа. В нижней части шахты расположена коническая вращающаяся колосниковая решетка 5, через которую подается дутье, поступающее снизу. С помощью решетки поддерживается необходимый слой топлива в газогенераторе. Образующиеся в результате процесса шлаки и зола скапливаются на колосниковой решетке и частично проваливаются через зазоры колосников и удаляются через отверстия в боковой стенке газогенератора.

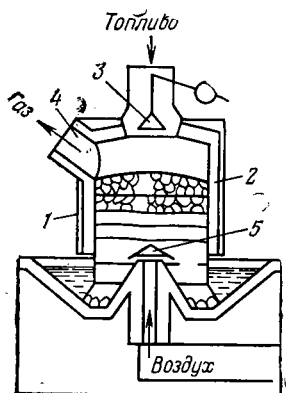


Рис. 78. Схема устройства газогенератора

Дутье, подводимое под колосники решетки, проходит шлаковую подушку, несколько нагревается и уходит в слой раскаленного угля. Здесь свободный кислород дутья вступает в реакцию с углеродом угля, образуя двуокись углерода. Двуокись углерода, поднимаясь в верхние слои раскаленного угля, восстанавливается до окиси углерода. Если в составе дутья имеется водяной пар, то при взаимодействии пара с раскаленным углем образуются водород и окись углерода. При дальнейшем движении вверх

раскаленный газ отгоняет из угля летучие вещества и смешивается с продуктами сухой перегонки. В верхней части угольной загрузки горячий газ подсушивает уголь.

В газогенераторе различают следующие зоны: сушки топлива, сухой перегонки, восстановления, горения или окисления. Зоны подсушки угля и сухой перегонки называют зоной подготовки топлива, а зоны окисления и восстановления — зоной газификации.

Коэффициент полезного действия процесса газификации — это отношение количества тепла, находящегося в газе, в килокалориях к количеству тепла в угле, которое израсходовано на получение этого газа,

$$\text{к. п. д.}_T = \frac{Q_{\text{г}}}{Q_{\text{у}}} 100, \%,$$

где $Q_{\text{г}}$ — количество тепла в газе, ккал; $Q_{\text{у}}$ — количество тепла в угле, ккал.

Описанный процесс образования генераторного газа, в котором уголь и дутье движутся противотоком, носит название прямого процесса газификации. При таком процессе газификации из угля с повышенным выходом летучих получается газ, в котором содержится смола. Для получения из угля газа, свободного от смолы, применяется так называемый обращенный процесс газификации. При этом процессе газификации уголь и дутье движутся в одном

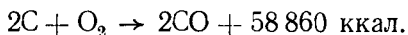
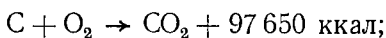
направлении и образующаяся смола частично сгорает, частично разлагается, и выход газа увеличивается.

Скорость газификации увеличивается с повышением температуры процесса. Однако увеличение температуры возможно только до определенного предела вследствие спекания топлива и плавления золы. Этот температурный предел существует для генераторов с твердым удалением золы. Для генераторов с жидким шлакоудалением оптимальная температура должна быть достаточно низкой, при которой шлаки не теряют текучесть и легко удаляются из генератора. В таких генераторах рациональнее использовать топливо, имеющее легкоплавкую золу.

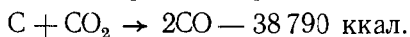
§ 2. Генераторные газы

Состав генераторного газа зависит от вида газифицируемого топлива, окислителя и условий проведения процесса. В зависимости от состава дутья получают генераторные газы: воздушный, водяной, смешанный и парокислородный.

Воздушный газ получают при подаче в зону газификации воздушного дутья. Окисление углерода свободным кислородом протекает по реакциям:

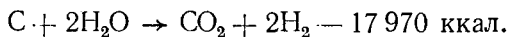
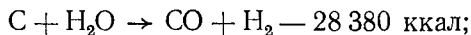


В зоне восстановления протекает реакция



В зоне газификации при получении воздушного генераторного газа устанавливаются высокие температуры, в результате чего зола, как правило, переходит в размягченное или жидкое состояние, поэтому уголь должен быть термически устойчивым и не содержать мелочь, так как в противном случае шлак загустеет. Воздушный газ имеет невысокую теплоту сгорания (900—1000 ккал/м³). В связи с этим генераторы воздушного газа применяются относительно редко.

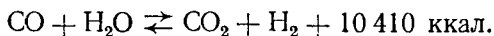
Водяной газ получается при введении в газогенератор вместе с воздухом водяного пара. Процесс газификации протекает по реакциям:



Эти реакции протекают с поглощением тепла, поэтому требуется его дополнительный подвод. Такие генераторы работают циклически: сначала в газогенератор вдувается воздух, который сжигает часть углерода и разогревает уголь, а затем подается водяной пар и происходит образование водяного газа пока температура не снизится.

Период продувки воздухом называется фазой воздушного, или горячего дутья, а период продувки паром — фазой парового дутья, или газования.

Часть неразложившегося водяного пара смешивается с образующимися газами и получается смесь компонентов H_2 , CO , CO_2 и H_2O . Реакция образования является обратимой и содержание этих компонентов в смеси определяется так называемым уравнением равновесия водяного пара.



Константа этого уравнения зависит от температуры. При температуре ниже $700^\circ C$ в газе возрастает содержание CO_2 , а при увеличении температуры — содержание CO .

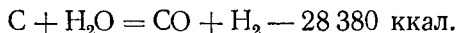
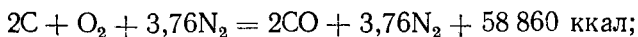
Таким образом, генераторы водяного газа работают периодически и дают газ с высокой теплотой сгорания ($2400\text{—}2700 \text{ ккал/м}^3$). Водяной генераторный газ используется в химической промышленности для гидрогенизации угля и смол, а также для синтеза аммиака.

Для использования воздушного газа, образующегося при продувке газогенераторов воздухом, на газогенераторных станциях водяного газа устанавливают котлы-утилизаторы.

Для получения водяного газа применяется высококачественное топливо: крупнокусковой кокс, полукокс, уголь марки Т и некоторые сорта антрацита марки АК.

Водяной газ содержит до 50% H_2 и до 40% CO и используется для химических синтезов. Он используется также для получения водорода. Для этого его обрабатывают водяным паром и в результате реакции $CO + H_2O = CO_2 + H_2$ получают смесь водорода и углекислоты. После отмывки CO_2 холодной водой под давлением получают почти чистый водород.

Смешанный газ получают при подаче в генератор паровоздушной смеси. Водяной пар, проходя вместе с воздухом окислительную зону, перегревается и снижает температуру слоя. В восстановительной зоне перегретый пар разлагается с образованием водорода и окиси углерода. Температура в этой зоне также снижается. Процесс получения смешанного газа сводится к реакциям:



Этот процесс дает возможность понизить температуру в зоне газификации ниже температуры плавления золы и вести непрерывную газификацию.

Для получения смешанного газа используется разнообразное топливо. Теплота сгорания смешанного газа в зависимости от исходного топлива составляет $1200\text{—}1560 \text{ ккал/м}^3$. Чем выше выход летучих веществ из углей, тем выше теплота сгорания смешанного газа.

Парокислородный газ получают в газогенераторах с парокислородным дутьем при нормальном или высоком давлении. Применение дутья в виде смеси пара и кислорода дает возможность повысить теплоту сгорания газа, вести процесс газификации при высокой температуре (1600—1700°С) и тем самым значительно увеличить производительность газогенераторов.

Применение высокого давления (до 20 кгс/см² избыточных) при парокислородном дутье благоприятно сказывается на процессе газификации и дает возможность эффективно вести процесс газификации при невысоких температурах (900—1000°С) и таким образом использовать топливо с легкоплавкой золой. Применение парокислородного дутья под давлением увеличивает содержание в газе метана. После отмывки СО₂ от газа холодной водой под давлением получают газ с теплотой сгорания, необходимой для бытового газа (4000—4600 ккал/м³). Газификация под давлением позволяет получить высококалорийный газ из низкосортного топлива — бурого угля, отсева углей, боя буроугольных брикетов, брикетной крошки и др. Изменением давления и содержания кислорода в дутье можно изменить качество получаемого газа.

В последнее время созданы газогенераторы с парокислородным дутьем под давлением, работающие с кипящим слоем на мелкозернистом материале. Применение мелкозернистого материала с большой суммарной поверхностью частиц и кипящий слой значительно интенсифицируют процесс газификации и увеличивают производительность газогенераторов, которая на буром угле крупностью 0—10 мм доходит до 200 000 м³/ч.

Г л а в а XVIII

КОНДЕНСАЦИЯ, УЛАВЛИВАНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ЛЕТУЧИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ЖИДКИХ ПРОДУКТОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ

§ 1. Охлаждение и очистка полукоксового газа

Полукоксовый газ по выходе из печей подвергается охлаждению и очистке от смолы, угольной пыли и газового бензина. На рис. 79 показана схема охлаждения и очистки полукоксового газа после многозонной шахтной печи. Каждая печь имеет самостоятельную систему конденсации и очистки газа, который затем используется для отопления самой печи, а небольшой избыток его — как топливо в котельной электростанции, в топках для дистилляции газового бензина и для других нужд.

Выходящий из печи 1 полукоксовый газ температурой 230—240°С поступает в низ предварительного холодильника 2 оросительного типа, в котором он сверху орошается подсомальной водой. В нижней части холодильника находится горизонтально вращаю-

шийся пылеотделительный барабан 3. По образующей барабана имеются щели. Нижней частью своей он погружен в смолу. Частицы пыли при прохождении через щели прилипают к стенкам барабана и затем при вращении его смываются смолой. В предварительном холодильнике происходит очистка газа от тяжелой смолы и пыли. Из предварительного холодильника газ температурой 125—135° С поступает в два последовательно включенных

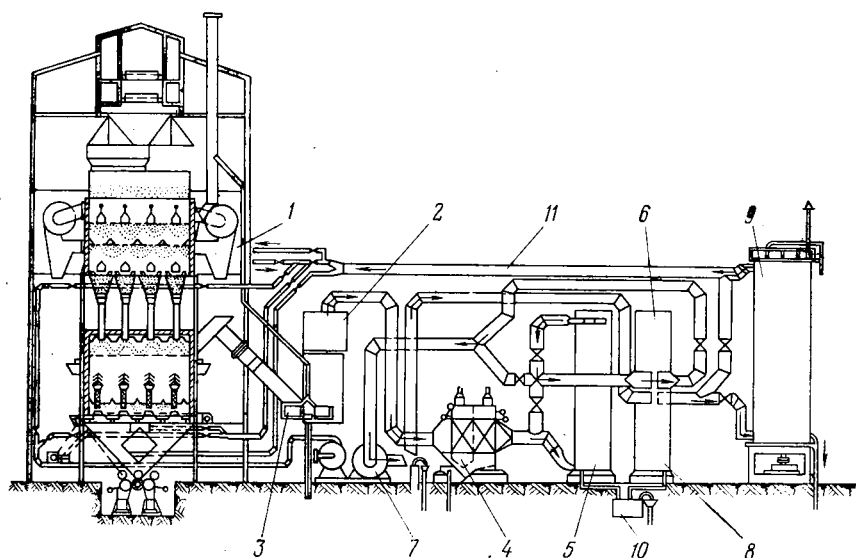


Рис. 79. Схема охлаждения и очистки полукоксового газа

электрофильтра 4 пластинчатого типа, работающих под напряжением 45 000 в. В электрофильтрах газ очищается от легкой туманообразной смолы и тонкой угольной и полукоксовой пыли. Из электрофильтров газ поступает в низ первого водяного трубчатого холодильника 5. Второй трубчатый холодильник в середине разделен горизонтальной перегородкой на две части. Каждая из этих частей, в свою очередь, разделена вертикальными перегородками также на две части. Газ из электрофильтра поступает в низ верхней части холодильника 6 и, пройдя снизу вверх, охлаждается до 30—36° С, а затем поступает в вентилятор 7. Вследствие сжатия в вентиляторе газ нагревается на 5—6° С и поэтому снова поступает на охлаждение в нижнюю половину второго холодильника 8 и, пройдя его обе части, поступает в низ скруббера-промывателя 9. Тяжелая смола из предварительного холодильника и легкая смола из электрофильтров смешиваются и подаются на очистку от пыли в центрифуги.

В результате охлаждения газа в трубчатых холодильниках из газа выделяется среднее масло, которое стекает через гидроза-

твор 10 и потом используется как поглотительное масло для улавливания газового бензина в скруббере-промывателе 9. Среднее масло, насыщенное газовым бензином, направляется на установку дестилляции, где газовый бензин отделяется от среднего масла. Обратный полукоксовый газ из скруббера поступает по трубопроводу 11 на отопление печи и другие нужды. Расположение газопроводов на установке позволяет при необходимости отключать отдельные агрегаты и пропускать газ напрямую.

Полученные жидкие продукты полукоксования направляются далее на переработку путем гидрирования в жидкое искусственное топливо.

§ 2. Улавливание химических продуктов коксования

Выход продуктов коксования на 1 т перерабатываемого угля в среднем составляет, %:

кокс	75—80
смола	2—4
бензол	0,8—1,2
аммиак	0,2—0,4
газ	15—22

Коксовый газ представляет собой сложную смесь газо- и парообразных продуктов коксования.

Из коксового газа путем его охлаждения и обработки различными поглотителями (веществами-сорбентами) могут быть получены разнообразные продукты: смола, аммиак, нафталин, сырой бензол, сероводород и др.

В коксохимическом производстве различают прямой и обратный коксовый газ.

Прямой газ получается непосредственно из коксовых печей. Газ, прошедший аппаратуру химического цеха, где произошла его очистка и улавливание химических продуктов коксования, называется обратным.

Прямой коксовый газ отличается от обратного большим содержанием ароматических углеводородов (сырого бензола), аммиака, сероводорода, пиридиновых оснований, нафталина, а также повышенной теплотой сгорания.

В 1 м³ прямого коксового газа (при температуре 0°С и давлении 760 мм рт. ст.) содержится в среднем, г:

водяных паров	250—450
смолы	80—120
аммиака	8—12
бензольных углеводородов	30—45
сероводорода	5—30
цианистых соединений	0,3—1,5
пиридиновых оснований	0,30—0,60
нафталина	8—12
сероорганических соединений	2,0—2,5

Выход химических продуктов в коксовом газе зависит от различных факторов: температуры и скорости коксования, свойства коксующей шихты, выхода летучих веществ, давления в коксовой камере и др.

Обратный газ используется как горючее на коксовых и металлургических заводах для энергетических целей, а также для бытовых нужд. Состав обратного коксового газа примерно следующий, %:

водород	54—59
метан	24—28
тяжелые углеводороды	2—3
окись углерода	5—7
двуокись углерода	1,5—2,5
азот	3—5
кислород	0,3—0,7

Низшая теплота сгорания обратного газа 4200—4300 ккал/м³.

Для улавливания летучих химических продуктов коксования прямой коксовый газ охлаждают с 700 до 80°С, т. е. до температуры конденсации водяных паров и каменноугольной смолы. Летучие вещества, которые не могут быть сконденсированы при

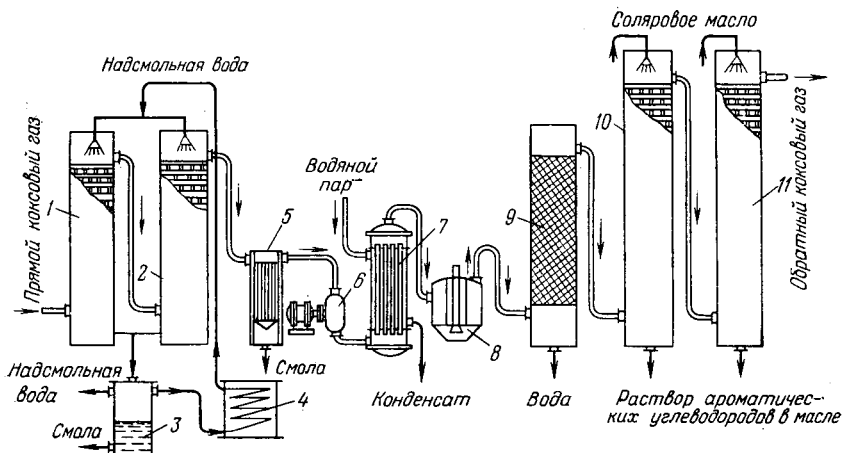


Рис. 80. Схема охлаждения и очистки коксового газа

этой температуре, улавливаются при помощи специальных поглочительных веществ — сорбентов.

Эффективность процесса поглощения обуславливается различными факторами, главными из которых являются температура и давление. Схема охлаждения и очистки коксового газа показана на рис. 80.

Поступающий коксовый газ из камер коксования отводится в общий газосборник, который расположен вдоль коксовой бата-

реи. В газосборнике происходит усреднение состава газа и охлаждение его до температуры 80—90°С орошением надсмольной аммиачной водой, которая подается через форсунки под избыточным давлением 1—1,5 кгс/см², при этом конденсируется большая часть смолы (до 60%), содержащаяся в газе.

В газосборнике имеется уклон для стока сконденсированной смолы и воды. В результате интенсивного охлаждения газа водой вместе со смолой на дне газосборника осаждаются частицы угля и пыли, которые, смешиваясь со смолой, образуют фусы. Фусы необходимо регулярно удалять из газосборника, так как при отложении их на дне уменьшается сечение газосборника и затрудняется проход газа.

Охлажденный в газосборниках до 80—90°С газ поступает в холодильники 1 и 2, где охлаждается до 25—30°С. Для охлаждения применяются газовые трубчатые холодильники или холодильники непосредственного смешения. Холодильники непосредственного смешения представляют собой стальные башни, в которых газ и охлажденная жидкость движутся противотоком через насадку.

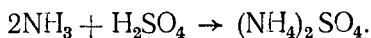
В нижней части холодильников конденсируются смола и пирогенетическая вода, поступающие в отстойник 3. Смола направляется в сборники, а пирогенетическая вода через водяной холодильник 4 направляется обратно на орошение холодильников. Охлажденный коксовый газ поступает затем в электрофильтр 5 для окончательной очистки его от туманообразной смолы.

Каменноугольная смола представляет собой черную вязкую жидкость плотностью 1,15—1,19 г/см³ и является смесью различных соединений — ароматических углеводородов, оснований, фенолов, гетероциклических соединений, содержащих серу и азот.

Из каменноугольной смолы выделено более 300 веществ. Смола является весьма ценным химическим сырьем для ряда отраслей промышленности: электродной, фармацевтической, анилиноокрасочной, органического синтеза, пластмассовой и др.

Значительная часть аммиака (до 40%) удаляется из коксового газа при его охлаждении, растворяясь в пирогенетической воде, в которой его содержание колеблется от 5 до 10 г/л.

Коксовый газ, частично освобожденный от аммиака, пропускают через слой 6—8%-ной серной кислоты. Содержащийся в газе аммиак реагирует с серной кислотой по уравнению



Полученный сульфат аммония находит широкое применение как азотное удобрение в сельском хозяйстве.

Большая часть нафталина при охлаждении коксового газа выделяется в первичных холодильниках и растворяется в смоле.

При разгонке смолы из отдельных ее фракций выделяют методом кристаллизации нафталин, антрацен, карбазол.

Нафталин, который не выделился при охлаждении коксового газа, может при выпадении в твердом виде забивать аппаратуру и газопроводы, поэтому применяют очистку коксового газа от нафталина промывкой его соляровым маслом или газойлем в скрубберах в две-три ступени.

После очистки от смолы газ с помощью эксгаустера 6 (см рис. 80) направляется в подогреватель 7, а оттуда в сатуратор 8, куда непрерывно подается серная кислота. В сатураторе выделяется серноокислый аммоний. Из сатуратора газ поступает в холодильник 9 для охлаждения холодной водой, а затем в скрубберы 10 и 11, орошаемые соляровым или каменноугольным маслом. В скрубберах происходит поглощение ароматических углеводородов (в основном бензола) и поглотительное масло направляется в бензольный цех, где перегонкой паром отделяют сырой бензол (смесь бензола, толуола, ксилола и др.), а регенерированное поглотительное масло охлаждают и направляют обратно в скрубберы.

Сырой бензол путем ректификации разделяется на бензольную, толуольную, ксилольную и другие фракции. Эти фракции подвергают затем переработке для получения технически чистых продуктов.

Бензол и его отдельные компоненты имеют очень важное значение для народного хозяйства в производстве полупродуктов для промышленности пластических масс, синтетических волокон, при получении синтетического каучука, моющих средств, красителей, в фармацевтической промышленности и др.

Чистый бензол используют для органического синтеза. Он является основным сырьем для многих видов промышленности.

Толуол используют для производства взрывчатых веществ, в фармацевтической промышленности и при производстве некоторых красителей. Ксилол применяют при получении синтетических волокон. Он является высокоценным растворителем.

После промывки в скрубберах газ, содержащий до 2—3 г/см³ бензола, направляется на очистку от сероводорода и цианистых соединений. Наиболее широко применяемые методы очистки — это мокрые методы, при которых газ очищается от сероводорода различными поглотителями — растворами соды, солей мышьяка и др. Очистка коксового газа от цианистых соединений необходима для избежания коррозии аппаратуры. Наиболее распространенным методом извлечения циана является применение раствора железного купороса. Степень очистки по этому методу составляет 70—80%.

Каменноугольная смола разгоняется на отдельные фракции, которые затем идут на дальнейшую переработку. Продукты разгонки каменноугольной смолы являются ценным сырьем для многих отраслей народного хозяйства.

Твердый остаток (пек) разгонки смолы является сырьем для электродной промышленности и применяется как связующее при брикетировании углей.

§ 3. Гидрогенизация

Гидрогенизацией называется процесс обогащения твердых топлив и смол водородом. В результате этого процесса, протекающего при высоких температурах и давлении в присутствии катализаторов, может быть получен бензин, а из тяжелых сернистых нефтей и мазутов — котельное и моторное топливо. Гидрогенизации могут подвергаться: уголь; смолы полукоксования, полученные из бурых, каменных углей и сланцев; пек и смола, полученная при газогенераторных процессах. Качество углей, направляемых на гидрирование, должно быть следующее: зольность не более 6%, отношение углерода к водороду не более 16—17%, выход летучих веществ не менее 35%. Реакции взаимодействия угля с водородом сопровождаются разрывом углеродных связей и насыщением образовавшихся свободных связей водородом.

При процессе гидрогенизации значительно увеличивается выход ароматических углеводородов по сравнению с выходом их в процессе коксования. Так, при низкотемпературной гидрогенизации увеличивается выход толуола и ксилола в 12—15 раз, нафталина — в 5—8 раз, фенолов — в 70—80 раз.

Процесс гидрогенизации протекает при температуре 380—550°C и избыточном давлении от 200 до 700 кгс/см². Если в исходном материале низкое содержание водорода, то требуется избыточное давление 700 кгс/см², а при высоком содержании водорода в исходном материале достаточно избыточное давление 200 кгс/см². Скорость реакций гидрирования увеличивается с повышением температуры. При высокой температуре повышается выход легких и газообразных продуктов, реакции расщепления протекают более интенсивно, а реакции конденсации и полимеризации, имеющие место при более высоких температурах, являются нежелательными, так как они затрудняют ведение процесса вследствие оседания твердых продуктов на катализаторе, активность которого от этого уменьшается. Катализаторы ускоряют реакции гидрирования (процесс присоединения водорода к продуктам расщепления). Наиболее эффективными из них являются алюминиевые, никеливые, молибденовые, вольфрамовые и железные с добавками-активаторами. Выбор катализатора зависит от исходного материала. Для молодых бурых углей требуется менее активный катализатор (железный). Предварительно катализатор тонко измельчают и вводят в пасту, которую направляют на гидрогенизацию. При использовании молибденового или вольфрамового катализаторов после отделения продуктов гидрирования их возвращают в процесс. Потери этих дорогостоящих катализаторов при ведении процесса велики, поэтому применяют железные катализаторы, которые не подвергают регенерации. Таким катализатором является закись-окись железа в смеси с железным купоросом и сернистым натрием.

Процесс гидрогенизации осуществляют обычно в несколько стадий. В первой стадии происходит расщепление материала и полу-

чение так называемой жидкой фазы, в которой образуется промежуточный продукт — среднее масло. Во второй стадии фракции, имеющие температуру кипения $300\text{--}350^\circ\text{C}$, и средние масла перерабатываются. В последней стадии низкокипящие, или средние масла превращаются в бензин. В первой стадии используется железный или алюминиевый катализатор, а в последней — молибденовый.

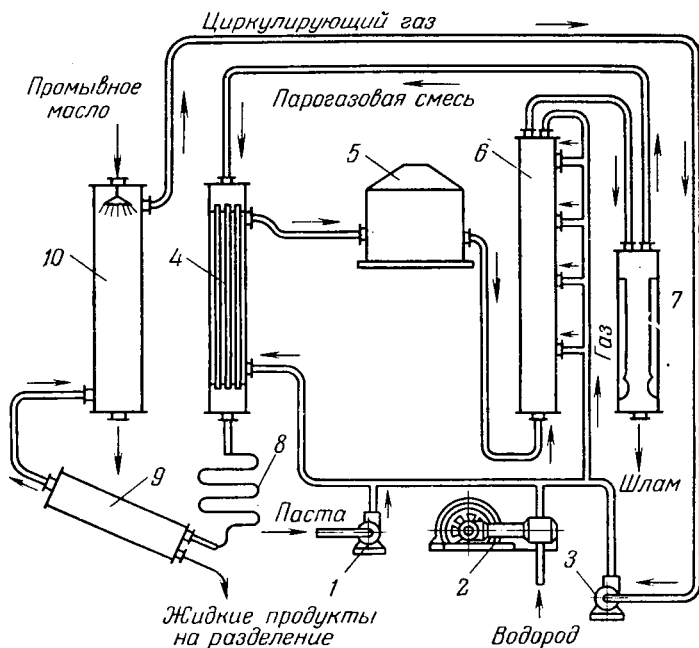


Рис. 81. Схема гидрогенизации углей (жидкофазная стадия)

Схема гидрогенизации в жидкой фазе показана на рис. 81. Уголь, предварительно измельченный до 1 мм, сушат в потоке горячих газов при температуре 125°C , затем смешиваются с маслами, полученными в процессе гидрирования, добавляют железный катализатор в количестве 0,1—0,5% и смесь направляют в пастовые мельницы — вращающиеся барабаны. Полученная однородная паста насосом 1 направляется в теплообменник 4, а оттуда в трубчатую печь 5, где подогревается до температуры 440°C . В теплообменник также насосом 3 подают свежий и циркулирующий водород, сжимаемый до рабочего давления компрессором 2. Подогретый исходный материал направляется в реактор 6. Реактор представляет собой стальную колонну, выложенную изнутри огнеупорным кирпичом высотой около 18 м и внутренним диаметром 1 м. В реакторе поддерживается температура $440\text{--}520^\circ\text{C}$ и избыточное дав-

ление 280—420 кгс/см². Обычно материал последовательно проходит 3—4 реактора и затем поступает в горячий сепаратор 7, где происходит отделение шлама от парогазовой смеси. Парогазовую смесь охлаждают до температуры 50° С в теплообменнике 2 и водным холодильнике 8. В газовом сепараторе 9 отделяются газы, часть которых промывается маслом в промывной колонне 10 и направляется на циркуляцию в систему.

Жидкие продукты процесса гидрогенизации разделяются на бензиновый погон и среднее масло. Получающийся в результате процесса бензин отличается чистотой, отсутствием серы и низким октановым числом. Для повышения октанового числа к бензину добавляют спирт, бензол и др.

Глава XIX

ПОЛУЧЕНИЕ БЕЗДЫМНОГО ТОПЛИВА

§ 1. Общие сведения

Топливо, используемое для бытовых целей, должно отвечать ряду требований: сохранять кусковатость, обладать достаточной теплотой сгорания, устойчивостью при хранении, быть удобным в обращении и, что особенно важно для сохранения чистоты воздушного пространства, не образовывать копоть и большое количество дыма при горении. Из всех видов сортового угольного топлива только антрацит наиболее полно отвечает этим требованиям. Однако количество добываемого антрацита не удовлетворяет потребность в сортовом топливе, поэтому получению бытового бездымного топлива из других углей в последнее время уделяют большое внимание.

В СССР и за рубежом разрабатываются методы получения бездымного топлива из спекающихся и слабоспекающихся каменных углей и из бурых углей. Большинство этих методов основано на предварительном брикетировании.

Получение бездымного топлива разрабатывается в основном по трем направлениям:

брикетирование углей со связующим (или без него) с последующей термической обработкой брикетов;

брикетирование или формование углей, нагретых до пластического состояния с последующей термической обработкой брикетов или без нее;

предварительная термическая обработка углей, брикетирование полученного полукокса или кокса со связующим веществом с последующей термической или термоокислительной обработкой брикетов.

§ 2. Брикетирование углей со связующим с последующей термической обработкой брикетов

На основе метода предварительного брикетирования углей со связующим с последующей термической обработкой брикетов в Англии получают такие виды топлива как фурнацит, фумсайт и мультитит.

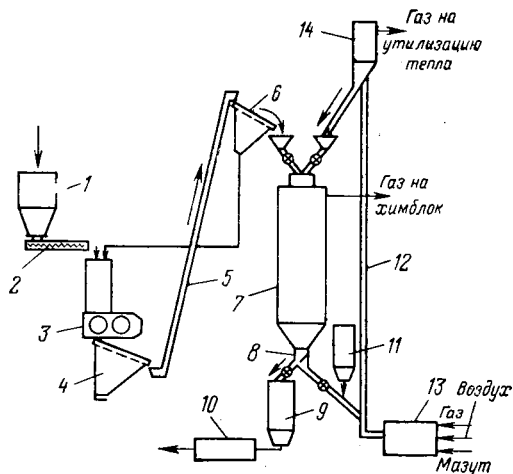


Рис. 82. Схема получения бытового топлива с предварительным брикетированием

Схема производства бытового топлива, разработанная в Институте горючих ископаемых (рис. 82), следующая. Уголь влажностью 5—7%, крупностью менее 3 мм тарельчатым питателем из бункера 1 направляется в смеситель 2, где он перемешивается с 8%-ной добавкой нефтеститума. Полученная шихта разогревается в малаксер и брикетируется в вальцовом прессе 3. После отделения мелочи на грохоте 4 брикеты ковшовым элеватором 5 подаются на грохот 6, где дополнительно отсеивается мелочь. После этого брикеты загружаются в шахтную печь 7 вместе с твердым теплоносителем (песком), нагретым до температуры 600—700° С, в соотношении 4 : 1. В системе нагрева 12 песок подхватывается горячими продуктами горения, образующимися в топке 13 при сжигании газа, получаемого в процессе термической обработки брикетов, или мазута. Песок нагревается до 450° С и подается в циклон 14.

Горячие брикеты из шахтной печи сначала поступают на колосниковый грохот 8 для отделения песка, направляемого в систему нагрева, затем — в охладитель 9 и далее в аппарат очистки от песка 10. После этого брикеты грузят в вагоны. Истирание и частичный унос песка из системы компенсируются добавками его из бункера 11.

Продолжительность процесса производства бездымного топлива составляет 1—1,5 ч. Бездымное топливо может быть получено из одних газовых углей, а также из смеси газовых углей с тощими и бурыми углями в соотношении 1 : 1. Термически обработанные брикеты имеют низкую температуру воспламенения, при нагревании не размягчаются, не слипаются, горят без выделения коптящего дыма и сгорают при к. п. д. топки 75 %.

§ 3. Метод горячего брикетирования

Горячее брикетирование основано на способности некоторых углей при определенных температурах размягчаться и переходить в пластическое состояние, при котором они могут брикетироваться.

Преимущество термобрикетирования заключается в том, что при этом отпадает необходимость в связующем веществе.

Осуществление этого метода связано с трудностями технологического характера: большинство углей имеет узкий температурный интервал пластического состояния и выделяющиеся газы могут оказывать разрушающее действие на брикет. При добавлении к шихте хорошо спекающегося угля ее температурный интервал пластического состояния расширяется.

Метод горячего брикетирования для хорошо спекающихся углей может осуществляться при невысоких давлениях прессования.

Этот метод применим также для неспекающихся каменных углей и бурых углей. Прессование производится при высоких давлениях (700—1000 кгс/см²) на штемпельных прессах с выдержкой под давлением.

В Англии по методу горячего брикетирования разработаны способы получения бездымного топлива румхит и хоумфайр. Процесс получения топлива заключается в нагреве спекающейся или слабоспекающейся мелочи в кипящем слое до температуры 420—450° С и в последующем брикетировании ее в полупластическом состоянии на вальцовых прессах по первому способу и на штемпельных прессах по второму способу получения бездымного топлива.

Одноступенчатая технологическая схема (рис. 83) процесса получения бытового топлива методом горячего окускования из слабоспекающихся углей, разработанная в Институте горючих ископаемых, следующая (рис. 83). Уголь со склада 1 ленточным конвейером 2 подается на грохот 3. Надрешетный продукт крупностью более 3 мм, пройдя дробилку 4, возвращается обратно на грохот. Через промежуточный бункер 5 уголь крупностью менее 3 мм поступает для нагрева в двухступенчатую систему вихревых камер 6 и 7. Нагрев угля в вихревых камерах осуществляется газом-теплоносителем, который выходит из топок 8 и 16. Нагрев угля ведется с рециркуляцией теплоносителя. В вихревую камеру первой ступени 6 поступает уголь и одновременно с ним вдувается теплоноситель, имеющий температуру 460° С. Затем газоугольные

потоки разделяются, и угольный поток из топочного устройства 8 подается в вихревую камеру второй ступени 7, в которой он также передвигается газом-теплоносителем, имеющим температуру 525° С. Вращательно-поступательное движение газа обеспечивает интенсивный теплообмен между газом и углем и транспортирование последнего из вихревой камеры второй ступени в промежуточный

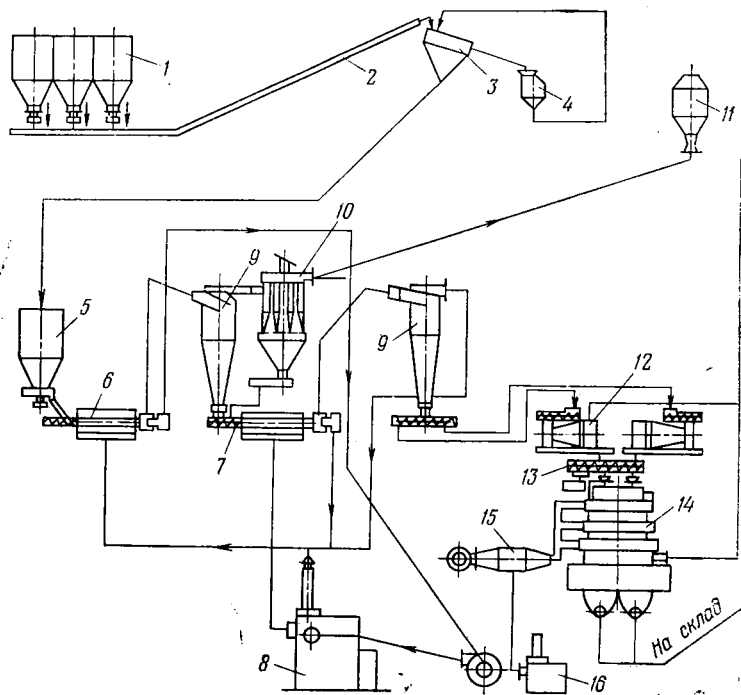


Рис. 83. Схема получения бездымного топлива методом горячего окускования

циклон 9 для отделения угля от газа. Очищенный центральный газовый поток из камеры первой ступени выбрасывается в камеру второй ступени. В циклоне 9 газоугольная смесь окончательно разделяется на два потока. Очищенный газ выбрасывается в атмосферу после тщательной очистки в батарейных циклонах 10 и мокрым пылеуловителе 11, а угольный поток, имеющий температуру 400—420° С, подается шнековым питателем в форкамерный пресс 12. В форкамерном прессе нагретый уголь под давлением подвергается термическому разложению, переходит в пластическое состояние и, агрегируясь, образует монолитную пластическую массу, которая затем с помощью вращающегося пластинчатого ножа режется на отдельные куски — формовки. Пластические формовки

из форкамерного пресса реверсивным шнеком 13 подаются в двухкамерную печь 14 спекания и прокаливания с окислительным пиролизом. В эту же печь газодувкой 15 подаются горячие газы. Прокаленное при температуре 700—800°С окускованное топливо выгружается из печи, тушится водой и направляется на погрузку или на склад. Парогазовая смесь из печи поступает в химический блок для охлаждения газов и улавливания смол.

Процесс получения бытового топлива методом горячего окускования пригоден для переработки слабоспекающихся газовых углей или угольной мелочи (классы 0—6 и 0—13 мм) с пластическим слоем толщиной 6—12 мм, а также для угольных смесей с суммарным пластическим слоем не более 12 мм.

§ 4. Метод термоокислительной обработки брикетов

Сущность метода заключается в том, что брикеты, полученные со связующим веществом из угольной мелочи, имеющей малый выход летучих (антрацит, уголь марки Т, полукоксая и коксовая мелочь), подвергаются обработке горячими дымовыми газами, содержащими свободный кислород.

При термоокислительной обработке происходит полимеризация веществ, входящих в связующее, и образование твердого скелета, прочно связывающего частицы угля в брикете, который горит без копоти. При использовании в качестве сырья угольной мелочи с небольшим выходом летучих веществ образуется бездымное брикетное топливо.

В зависимости от свойств применяемого связующего продолжительность выдержки брикетов в потоке дымовых газов, содержащих 8—10% кислорода, составляет от 1 до 3 ч. С увеличением температуры газов, содержания кислорода и с уменьшением размеров брикетов время термоокислительной обработки сокращается. В зависимости от перерабатываемого вида топлива процесс осуществляется в одну — три ступени. При переработке топлива с высоким выходом летучих веществ (каменные и бурые угли) процесс осуществляется в три ступени. Топливо подвергается термической обработке (полукоксование или коксование), а полученный твердый остаток брикетируется с полукоксая или коксая смолой или со смесью смолы и нефтебитума. Полученные брикеты подвергаются обработке дымовыми газами при температуре 250—350°С в течение 1—2 ч в зависимости от свойств брикетируемого материала и размера брикетов. При использовании углей с малым выходом летучих веществ, антрацита или тощих углей, прошедших карбонизацию в естественных условиях, процесс осуществляется в две стадии: брикетирование угольной мелочи с органическими связующими (асфальтенами, пеками, смолами) и термическая обработка брикетов, которая проходит при более высоких температурах. По этому методу во Франции разработан способ производства бездымного топлива антрасина. Сущность способа состоит в

брикетировании антрацитовой мелочи с каменноугольной смолой или пеком и обработке брикетов массой 20—40 г в течение 2,5 ч на конвейере дымовыми газами при температуре 450—500° С. Брикетсы нагреваются до 350—400° С. Так как процесс термоокисления происходит с выделением тепла, газовый поток на конвейере разбит на зоны нагрева, окисления и охлаждения брикетов. Готовое топливо имеет температуру 100—120° С и окончательно охлаждается распыленной водой.

В Бельгии по этому методу разработан способ инишар. Сущность метода заключается в термоокислительной обработке брикетов в кипящем слое песка. Условия окисления в среде песка будут лучше, если в качестве связующего при изготовлении брикетов применяется пек.

Методы термоокислительной обработки брикетов со связующим дают возможность получать прочное термоустойчивое топливо. Эти методы применяются в ряде стран, являются экономически выгодными, так как не требуют больших капитальных вложений.

В Советском Союзе разрабатывается метод получения высококачественного бездымного топлива (в Энергетическом институте им. Кржыжановского совместно с Институтом горючих ископаемых) из бурых углей Канско-Ачинского бассейна, заключающийся в применении процесса высокоскоростного полукоксования угля в мелкодисперсном состоянии с твердым теплоносителем, последующем брикетировании полученного полукоксы со смолой и термоокислительной обработке брикетов.

В качестве твердого теплоносителя применяется более высоко нагретая часть угля (до температуры 800—900° С). Полученное топливо обладает хорошей реакционной способностью, механической прочностью, теплотой сгорания до 7000 ккал, атмосфероустойчивостью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агроскин А. А. Химия и технология угля. М., «Недра», 1969.
- Акопов М. Г. Некоторые вопросы теории и практики брикетирования бурых углей. М., Углетехиздат, 1955.
- Андреш О. Краткое руководство по брикетированию углей. М., Углетехиздат, 1956.
- Горное дело. Энциклопедический справочник. Т. 11. М., Углетехиздат, 1960.
- Городов А. И. Паровые трубчатые сушилки на углебрикетных фабриках. М., Углетехиздат, 1953.
- Городов А. И. Прессовщик штемпельных прессов буроугольных брикетных фабрик. М., Углетехиздат, 1952.
- Кегель К. Брикетирование бурого угля. Пер. с нем. М., Углетехиздат, 1957.
- Елишевич А. Т. Брикетирование каменного угля с нефтяным связующим. М., «Недра», 1968.
- Брикетирование антрацитовых штыбов. М., изд. ЦНИЭИУголь, 1971 (Министерство угольной промышленности СССР, серия «Технология обогащения и брикетирования угля»). Авт.: А. Т. Елишевич, И. В. Плужник, Г. Г. Коваль, В. Е. Сальников.
- Зельдин Б. Б. Прессовщик вальцовых прессов углебрикетных фабрик. М., Углетехиздат, 1952.
- Камнева А. И. Конспект лекций по курсу «Химия горючих ископаемых». М., изд. МХТИ им. Д. И. Менделеева, 1969.
- Лямин И. Н., Попутников Ф. А. Прессы для брикетирования углей. М., Углетехиздат, 1952.
- Менковский М. А. Химическая технология угля. М., Углетехиздат, 1957.
- Менковский М. А., Котельников И. Ю., Равич Б. М. Металлургия, технология угля и неметаллических полезных ископаемых. М., «Недра», 1971.
- Наумович В. М. Теоретические основы процесса брикетирования торфа. Минск, Изд-во АН БССР, 1960.
- Пахалок И. Ф., Болдырев В. А. Брикетирование углей. М., Углетехиздат, 1957.
- Ремесников И. Д. Брикетирование угля. М., Углетехиздат, 1957.
- Тайц Е. М., Равич Б. М., Андреева И. А. Получение окускованного бездымного топлива. М., «Недра», 1970.
- Шемаханов М. М. Сушильные установки углебрикетных фабрик. М., Углетехиздат, 1955.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
РАЗДЕЛ I. Брикетирование углей	5
Глава I. Общие сведения о брикетировании углей	5
§ 1. Сущность и способы брикетирования	5
§ 2. Требования, предъявляемые к брикетам	6
Глава II. Теоретические основы брикетирования бурых углей без связующих веществ	7
§ 1. Брикетируемость углей	7
§ 2. Гипотезы брикетирования	8
§ 3. Процесс прессования	11
§ 4. Технологические параметры брикетирования	14
Глава III. Технология производства угольных брикетов	19
§ 1. Технологическая схема брикетирования бурых углей	19
§ 2. Брикетирование каменноугольной мелочи со связующими веществами	22
Глава IV. Прием и механическая подготовка углей для брикетирования	24
§ 1. Углеприем	24
§ 2. Оборудование углеприемных устройств	27
§ 3. Дробление и грохочение углей при брикетировании	30
§ 4. Оборудование дробильно-сортировочных цехов	34
Глава V. Сушка угля	41
§ 1. Краткие сведения о влажности материала и механизме процесса сушки	41
§ 2. Общие сведения о сушке углей на брикетных фабриках	44
§ 3. Устройство паровой трубчатой сушилки	47
§ 4. Факторы, влияющие на работу паровых трубчатых сушилок	53
§ 5. Правила эксплуатации паровых трубчатых сушилок	57
§ 6. Паровая тарельчатая сушилка	59
§ 7. Газовая сушка угля	62
§ 8. Расчет сушильного отделения	64
Глава VI. Связующие вещества и их применение	65
§ 1. Общие сведения	65
§ 2. Каменноугольный пек	66
§ 3. Нефтебитумное связующее	68
§ 4. Подготовка шихты со связующим	73
§ 5. Дозирующе-смесительные установки	75
Глава VII. Контрольная подготовка и охлаждение буроугольной сушенки	77
§ 1. Контрольная подготовка сушенки	77
§ 2. Охлаждение сушенки	80
Глава VIII. Прессование углей	88
§ 1. Штемпельные прессы	88

1. Устройство штемпельного пресса	88
2. Гидравлическое нажимное устройство	94
3. Классификация штемпельных прессов	95
4. Процесс образования брикетов в штемпельном прессе	99
5. Изменение давления прессования и расход энергии	100
6. Факторы, влияющие на процесс прессования в штемпельном прессе	102
7. Формовочные детали пресса	104
8. Правила обслуживания штемпельного пресса	108
§ 2. Кольцевые прессы	110
1. Устройство пресса	110
2. Процесс прессования в кольцевом прессе	113
§ 3. Вальцовые прессы	115
1. Устройство вальцового пресса	115
2. Процесс прессования на вальцовом прессе	119
§ 4. Расчет производительности прессового цеха	121
Глава IX. Охлаждение, погрузка и складирование брикетов	123
§ 1. Охлаждение буроугольных брикетов	123
§ 2. Охлаждение каменноугольных брикетов	127
§ 3. Охладительные конвейеры	127
§ 4. Погрузка и складирование брикетов	129
Глава X. Обеспыливание и пылеулавливание	133
§ 1. Схемы пылеулавливания	134
§ 2. Пылеулавливающие устройства	137
Глава XI. Контроль за углебрикетным производством	141
§ 1. Опробование по схеме технологического процесса	141
§ 2. Лабораторные анализы	141
§ 3. Специальные испытания брикетов	148
§ 4. Теплотехнический контроль	152
§ 5. Диспетчерский контроль и управление	153
Глава XII. Углебрикетные фабрики	155
§ 1. Буроугольная брикетная фабрика	155
§ 2. Брикетная фабрика со связующим	160
Глава XIII. Безопасность производства	163
§ 1. Общие сведения	163
§ 2. Мероприятия по предупреждению опасных скоплений угольной пыли	164
§ 3. Противопожарные мероприятия	165
§ 4. Техника безопасности на брикетных фабриках со связующими	166
РАЗДЕЛ II. Химическая технология углей	168
Глава XIV. Общие сведения о химическом составе углей	168
§ 1. Происхождение углей	168
§ 2. Составные части и свойства углей	169
§ 3. Обработка углей растворителями	172
§ 4. Пиролиз углей	174
Глава XV. Полукоксование углей	175
§ 1. Общие сведения	175
§ 2. Печи для полукоксования	176
Глава XVI. Коксование углей	179
§ 1. Сущность процесса коксования	179
§ 2. Сырье для коксования и подготовка углей к коксованию	181

1. Подбор угольных шихт	181
2. Способы оценки углей как сырья для коксования	185
3. Подготовка углей к коксованию	186
§ 3. Классификация углей	187
§ 4. Коксовые печи, их устройство и принцип работы	189
§ 5. Кокс и его свойства	193
Глава XVII. Газификация углей	195
§ 1. Общие сведения	195
§ 2. Генераторные газы	197
Глава XVIII. Конденсация, улавливание и переработка летучих веществ из жидких продуктов термической переработки угля	199
§ 1. Охлаждение и очистка полукоксового газа	199
§ 2. Улавливание химических продуктов коксования	201
§ 3. Гидрогенизация	205
Глава XIX. Получение бездымного топлива	207
§ 1. Общие сведения	207
§ 2. Брикетирование углей со связующим с последующей термической обработкой брикетов	208
§ 3. Метод горячего брикетирования	209
§ 4. Метод термоокислительной обработки брикетов	211
Список литературы	213

Владимир Николаевич Крохин

БРИКЕТИРОВАНИЕ УГЛЕЙ

Редактор издательства *В. П. Куник*
Переплет художника *А. Е. Григорьева*

Технический редактор *О. Ю. Тrepенюк*
Корректор *Т. В. Чирикoва*

Сдано в набор 26/XII 1973 г. Подписано в печать 30/IV 1974 г. Т-08538. Формат 60×90¹/₁₆.
Бумага № 2. Печ. л. 13,50. Уч.-изд. л. 14,55. Тираж 3300 экз. Заказ № 732/4152.11. Цена 59 коп.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19
Московская типография № 6 Союзполиграфпрома при Государственном комитете
Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
109088, Москва, Ж-88, Южнопортовая ул., 24.

59 кап.

14
31517

НЕДРА • 1974