

О КОКСОВАНИИ КАМЕННОУГОЛЬНОГО ПЕКА.

По материалам технического проекта установки для производства пекового (электродного) кокса, выполненного кафедрой аппаратуры Томского индустриального института им. С. М. Кирова для Кемеровского коксохимического завода.

*Н. Н. Норкин, М. С. Прибытков, В. В. Казмина, С. Н. Волков,
А. Ф. Тимофеев, В. С. Бирюков, А. Д. Анисимов.*

I. Введение.

В предлагаемой вниманию читателей статье излагаются основные положения технического проекта установки для коксования пека, выполненного авторами-работниками кафедры аппаратуры Томского индустриального института им. С. М. Кирова¹⁾. Проект выполнен непосредственно на Кемеровском коксохимическом заводе в течение времени с 6 июля по 29 августа 1938 г. и утвержден Главкоксом 7 октября 1938 г.

Вопрос о промышленном коксовании пека имеет большое народно-хозяйственное значение и разрешение его должно идти не только по линии приспособления существующих коксовых печей, а, преимущественно, по линии создания новых рациональных конструкций печных установок.

При проектировании установки возник целый ряд дополнительных соображений, которые не могли быть отражены в проекте; целью настоящей статьи является ознакомить читателя как с содержанием проекта, так и с теми дополнительными соображениями, которые выходят за пределы спроектированной установки и могут послужить некоторым материалом при проектировании новых установок.

II. Техноэкономическое значение проблемы производства пекового электродного кокса.

Потребителем пекового (электродного) кокса является алюминиевая промышленность; кокс служит сырьем для производства электродов, применяющихся при электролизе алюминия. Удельный расход электродов на 1 тону алюминия составляет 18% от себестоимости алюминия.

¹⁾ При выполнении проекта консультировали: Нач. Проектнотехнического отдела Кемеровского коксохимического завода—М. П. Токарев, действительный член Укр. н.—исследовательского института—Н. А. Никольский и главн. технолог завода—инж. Филиппов Б. С. В качестве чертежников работали студ. Суслова и Широкова.

Кокс для электродов, являющихся анодами в электролитических алюминиевых ваннах, должен обладать следующими свойствами:

- 1) Суммарная зольность в пределах 0,5%
- 2) В золе должно быть: не более 0,06%, Fe² O³
- 3) Серы в коксе не более 0,7%
- 4) Летучих в коксе не более 0,6%
- 5) Содержание мелочи (до 5 мм) не более 5%.

Сырьем для электродов в СССР до 1933 г. являлся кокс из нефтяных остатков:

- а) кубовый кокс от прямой перегонки нефтяных остатков;
- б) крекинг-кокс (остатки при крекинге нефти);
- в) пирогенетический кокс (Бакинская нефтяная установка).

Начиная с 1933 г., благодаря работам Харьковского углехимического института и в частности действ. члена Н. А. Никольского, сырьевая база для производства электродов расширялась за счет кокса из пековой каменноугольной смолы. С 1935 г. пущена в эксплуатацию первая в СССР установка для коксования пека каменноугольной смолы на Старомакеевском коксохимическом заводе. С 1938 г. осваивается производство пекового кокса на Кемеровском коксохимическом заводе (Кузбасс). Освоение производства пекового (электродного) кокса имеет значение не только в смысле расширения сырьевой базы, но также и в смысле улучшения качества кокса: 1) меньшее содержание золы; 2) повышенная прочность; 3) большой выход крупнокускового кокса. Кроме того, производительность на тонну сырья больше при коксовании пека каменноугольной смолы, чем при коксовании пека из нефтяных остатков.

В таблице 1 приведена сравнительная характеристика пекового кокса и кокса из нефтяных остатков.

Таблица 1.

Сравнительная характеристика пекового кокса и кокса из нефтяных остатков.

Наименование кокса	Состав сырья		Выход кокса %	Характеристика кокса						
	Летучих %	Твердых остат. %		Зола %	Летучие %	Сера %	Баранная проба	Пористость	Размер кусков мм	
									25 мм %	От 25 до 0 мм %
Технические требования к коксу	—	—	—	0,5	0,6	0,7	—	—	—	5%
Кокс из нефтяных остатков	82	18	19—20	0,25—1,16	0,5—2,0	0,57	163	22,9	75,3	24,7
Кокс из каменноугольного пека	62—65	38—35	65,5	0,29—0,30	0,4—0,7	0,53—0,51	320	27—33	91,2	8,8

Не приводя в настоящей статье подробных характеристик сырья-пека и результатов опытного коксования его в тигле и реторте и промышленного коксования в коксовых печах (отсылаем к первоисточникам), необходимо констатировать на основании опытного материала, что статика процессов коксования изучена достаточно полно (максимальная температура выхода и состав продуктов), но кинетика процесса (продолжительность коксования, интенсивность газовыделения в различные периоды коксования и др. явления), позволяющая уверенно разрабатывать рациональную конструкцию промышленной установки, недостаточно изучена в производственном масштабе.

Поэтому освоение производства пекового (электродного) кокса на реконструированных коксовых печах сист. Оливье—Пьетт на Кемеровском коксохимическом заводе дает возможность дополнительно к опыту промышленного коксования на Старо-Макеевском заводе построить рациональный технологический режим коксования в специально сконструированных для этой цели печах.

III. Технологическая схема установки для производства пекового (электродного) кокса.

В основу для разработки технологической схемы производства пекового (электродного) кокса на Кемеровском коксохимическом заводе были положены следующие принципы:

1. Транспортирование жидкого пека по возможности самотеком или под напором насосов, выдавливание жидкого пека под давлением водяного пара не применяется.

2. Загрузка жидкого пека в печи порционная. При общей продолжительности коксования в 24 часа загрузка проводится в течение 10 часов, приблизительно по 1 тонне пека через каждые полтора часа.

3. Коксование пека производится в коксовых печах системы Оливье-Пьетт (12 печей), приспособляемых для загрузки жидкого пека.

4. Конденсация паров смолы из пекового газа производится в барильете, путем интенсивного орошения водою барильета. Стояки от печей до барильета минимально малые по высоте во избежание конденсации паров смолы до барильета и заграфичивания стояков. Ввиду этого стояки и барильет старых коксовых печей оказались непригодны.

5. Пековый газ соединяется с прямым каменноугольным коксовым газом и поэтому отдельно от коксового газа очистке не подвергается.

6. Выделение из барильетной воды пековой смолы осуществляется путем отстоя и расслаивания в специальной аппаратуре (миксты и осветлители).

При конструктивной разработке проекта были приняты во внимание проектные материалы Харьковского углехимического

института (УХИНа) и эксплуатационные характеристики работы установки на Старо-Макеевском заводе.

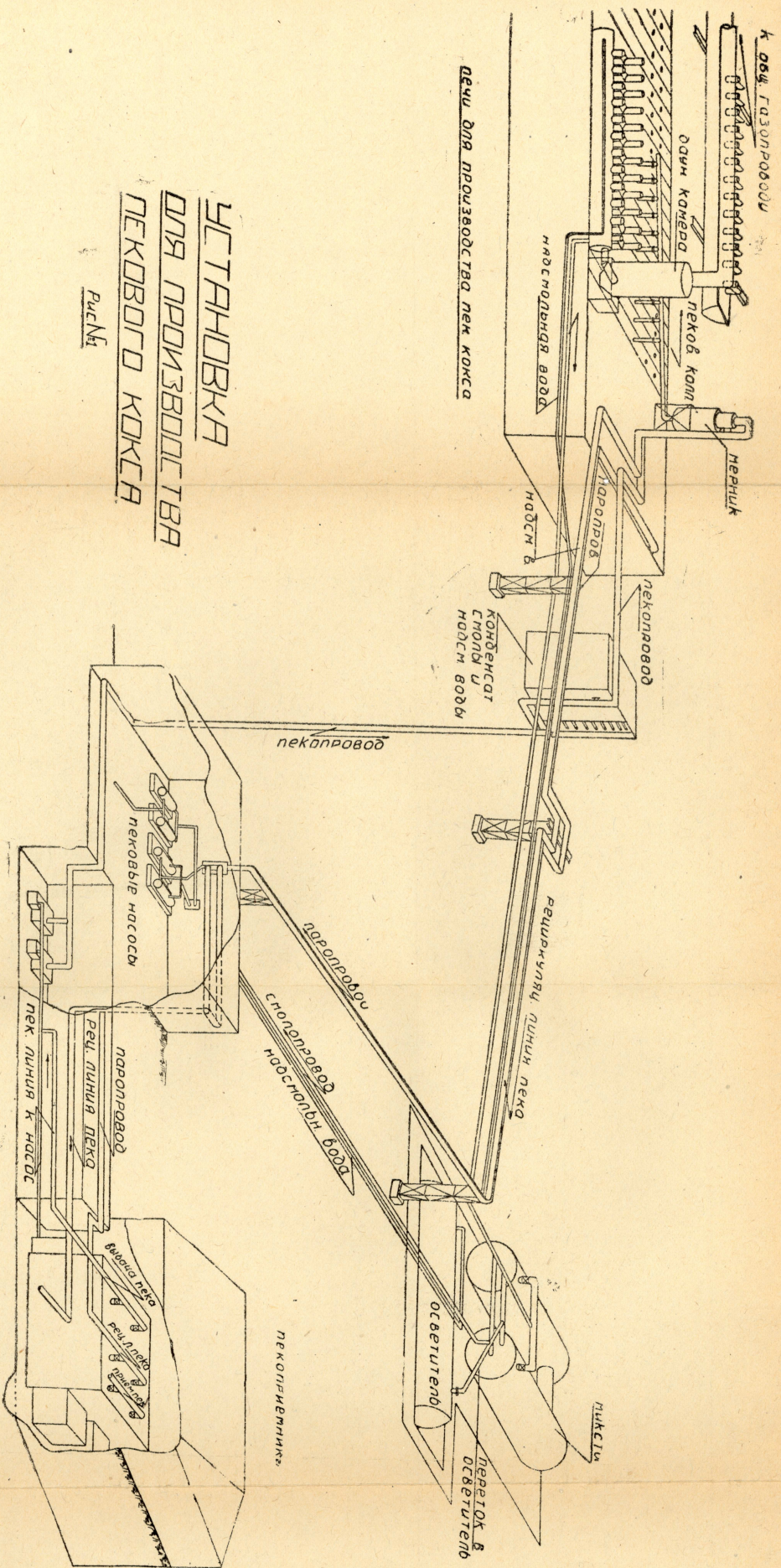
Технологическая схема, разработанная в проекте для Кемеровского завода, принята следующей (см. рис. № 1—Аксонометрия установки для коксования пека).

В смолоперегонном цехе жидкий пек выдавливается паром при температуре 200°C в термоцистерну и доставляется к пекоприемникам в этой термоцистерне, установленной на 4-х осной ж. д. тележке. Емкость цистерны 50 м^3 ; длина цилиндрической части 7310 мм ; диаметр 2950 мм ; толщина изоляции 120 мм ; материал изоляции—асбестит.

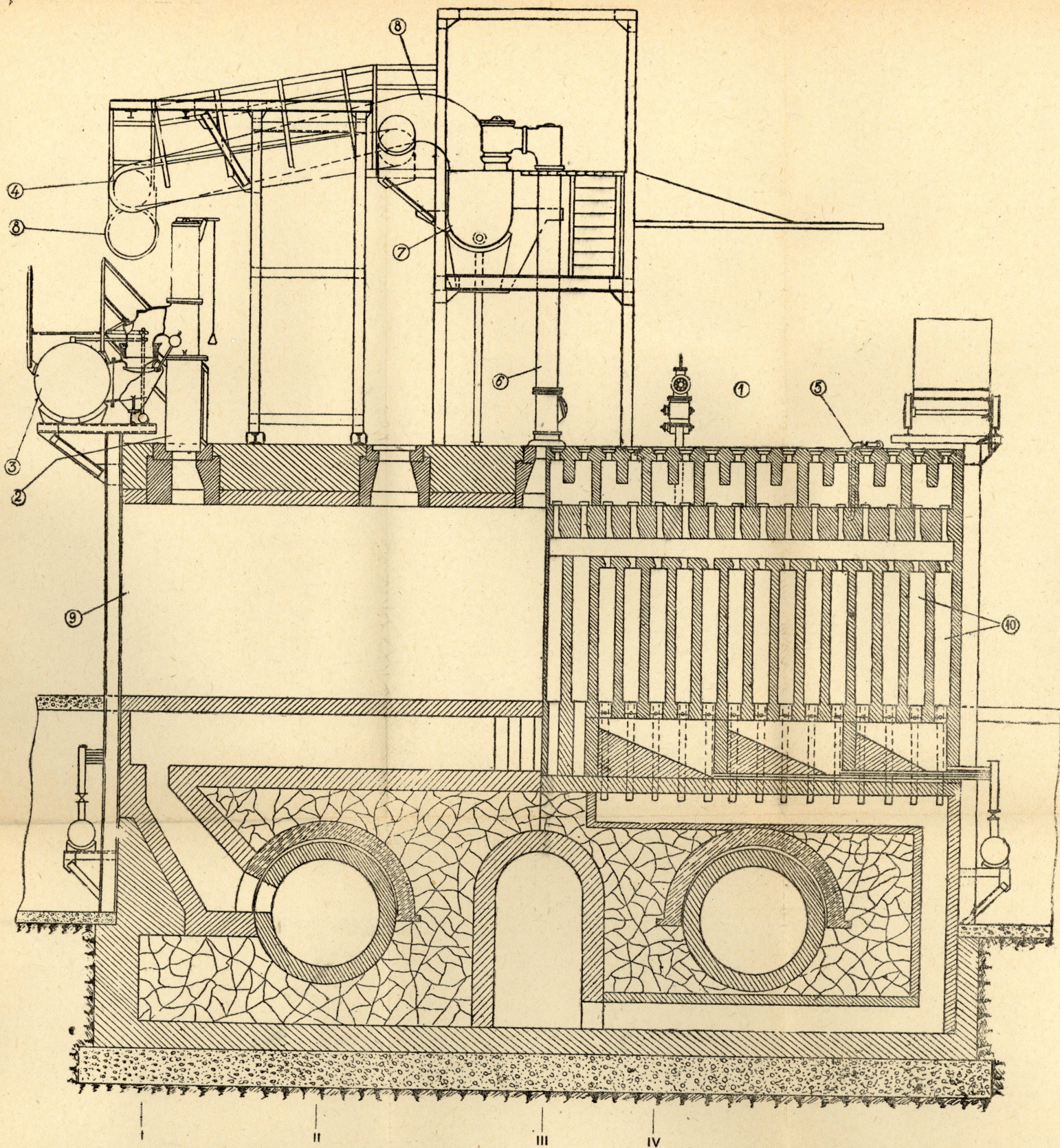
Из термоцистерны пек самотеком (уклон пекопровода $0,020$) поступает в 2 обогреваемых пекоприемника. Пекоприемники в одной общей обмуровке. Отапливаются посредством отдельных газовых выносных топок на коксовом газе. Назначение отапливаемых пекоприемников—разогрев пека до температуры 200°C . Емкость каждого пекоприемника 30 м^3 . Размеры клепанного стального корпуса пекоприемника: длина 7500 мм , диаметр 2200 мм , толщина стенки 18 мм . Первые дымоходы пекоприемников футерованы шамотовым кирпичом. Пекоприемники находятся в кирпичном здании с огнестойким перекрытием на железобетонных балках. Отметка пола здания пекоприемников относительно уровня головки рельс термоцистерны „3051“ мм (из условий самотека пека). Между термоцистерной и пекоприемниками специальное перепускное устройство полуовального сечения длиной 1000 мм для ускорения опораживания термоцистерны.

Нагретый в пекоприемниках пек посредством шестеренчатых насосов нагнетается в трубчатый подогреватель. Пековые насосы находятся в специальном кирпичном здании с огнестойким перекрытием на железобетонных балках (насосная); в насосной кроме пековых насосов размещены поршневые паровые насосы для перекачки пековой смолы из смоляных микстов и центробежные насосы для подачи воды на барильет. Заглубление насосной относительно уровня головки рельс на 2940 мм для обеспечения работы пековых насосов под заливом. Пекопровод из насосной до трубчатого подогревателя расположен на наружных (надземных) металлических колоннах.

Трубчатый подогреватель двухсекционный, состоит из радиантной и конвекционной камер. Назначение трубчатки—нагревание пека до температуры 200°C . Такой высокий подогрев пека необходим ввиду того, что, во-первых, на печах пек выдается из пекопровода при помощи кранов; малейшее охлаждение кранов или засорение их поведет к быстрому застыванию пека; во-вторых, так как пек загружается в печи периодически, то необходима непрерывная циркуляция в пекопроводах; эта циркуляция осуществляется между мерником и пекоприемником при общей длине пекопровода 150 м . Трубчатка отапливается коксовым газом (расход его 65 м^3 (час)). В радиантной части трубчатки расположено 34 нагревательных трубки и в конвекционной камере



ВЕТКА ДЛЯ ПОДВОДА ТЕПЛОТЫ



РЕКОНСТРУИРОВАННАЯ ПЕЧЬ „ОЛИВЬЕ ПЬЕТТ“ ДЛЯ КОКСОВАНИЯ ПЕКА.

1—Пековый коллектор. 2—Стояк пекового газа. 3—Бабирилет пекового газа. 4—Газопровод пекового газа. 5.—Подвод пара в камеру коксования. 6—Стояк коксового газа. 7—Барилет коксового газа. 8—Газопровод коксового газа. 9—Камера коксования. 10—Вертикалы. 11—Даункера. 12—Мерник. 13—Пекопровод.

65 трубок; длина труб 1300 мм, внутренний диаметр 38 мм. В летнее время необходимость подогрева пека в трубчатом подогревателе может не встретиться, тогда пек по обводной линии подается непосредственно в мерник, минуя трубчатый подогреватель.

Из трубчатого подогревателя пек подается в мерник, расположенный на концевой бетонной площадке батареи коксовых печей. Назначение мерника: во-первых, для порционной выдачи пека в коксовые печи (по 750 кг) и, во-вторых, для создания напора, необходимого для перемещения пека по трубопроводам на печах. Напор, создаваемый пеком около 1500 мм в. ст. Мерник с паровой рубашкой снабжен двумя контрольными воронками. При наполненном мернике пек по циркуляционной линии возвращается обратно в пекоприемники.

Пековый коллектор на печах снабжен 12 кранами для загрузки пека в печи; на каждую печь по 1 крану; загрузка производится через один кран на коксовой стороне. Уклон пекового коллектора 0,020; диаметр 100 мм, длина около 12 м. Пековый коллектор снабжен внешней паровой рубашкой; краны с паровым обогревом. Идея конструкции пекопровода и кранов заимствована из материалов проекта УХИН а, но соответственно переконструирована в связи с установкой мерника на печах.

Дооборудование на печах. Для коксования пека предназначается 12 печей системы Оливье-Пьетт, размерами: высота камеры коксования 1,72 м, ширина 0,32 м, длина 10,47 м; при загрузке пека в 6 тонн высота пекового слоя 1,53 м, при этом производится следующее дооборудование: 1) устанавливается новый барильет на кронштейнах анкерных колонн с машинной стороны батареи. Необходимость установки нового барильета обусловлена устройством низких стояков (во избежание заграфичивания и забивания стояков смолой), интенсивным орошением и введением самостоятельного режима для печей. 2) Стояки запроектированы к установке специальные, подобно укороченным стоякам печей Оливье-Пьетт, однако целесообразнее установка стояков типа Беккера (типа, указанного на чертеже рис. 2). Пар, образующийся при коксовании пека из печей через стояки и барильет, отводится в газопровод, устанавливаемый заново. Для крепления газопровода на печах запроектирована специальная рамная металлоконструкция. Затем газопровод пекового газа включен в газопровод прямого коксового газа. Установка специального газопровода для пекового газа (а не включение газа в старый барильет) обусловлена необходимостью иметь самостоятельный режим на пековых печах. Между пековым газопроводом и пековым барильетом установлена промежуточная даун-камера, орошаемая водой для вымывания из газа конденсирующихся паров смолы. Для очистки свода печей от сажи и графита в подсводовое пространство подводится пар.

Расположение дополнительного оборудования на печах представлено на рис. 2. (Реконструированная печь Оливье-Пьетт для коксования пека).

Конденсационная аппаратура. Для отделения смолы от надсмольной воды, поступающей вместе из барильета и даун-камеры, устанавливаются два последовательно соединенные микста и один осветлитель. Размеры микстов (цилиндрические цистерны) — длина 9900 мм, диаметр 2180 мм. В микстах смола и вода расслаиваются по удельному весу; внутри миксты снабжены паровыми змеевиками, смола перекачивается паровыми насосами в смолоразгонку старого завода, надсмольная вода проходит через осветлитель и центробежными насосами подается в трубопровод надсмольной воды и при помощи форсунок разбрызгивается в барильет и даун-камеру.

Выдача кокса из печей производится посредством толкателя в тушильный вагон; для этой цели используется оборудование для старых печей без всяких дополнительных переделок. Для хранения пекового кокса запроектирован специальный склад пекового кокса со специальной площадкой для погрузки кокса в железнодорожные вагоны с помощью трех ленточных передвижных транспортеров. Емкость склада для 3-х суточной производительности установки.

IV. Основные показатели технологического расчета аппаратов и оборудования установки.

Производительность установки для производства пекового (электродного) кокса определена из условий получения пека из цеха смолперегонки и длительности коксования пека, принятой в проекте равной 24 часам. Показатели производительности приведены в таблице № 2.

Таблица 2.

Показатели производительности установки для коксования пека.

№ п/п	Наименование	Выход в % от веса пека	Годовое колич. тонн *)	Месячное количество тонн	Суточное количество тонн	Часовое количество тонн
1	Пек для коксования .		19440	2160	72,0	3,0
2	Кокс валовой	65	12630	1410	46,8	1,95
3	Смола	25	4866	504	18,0	0,75
4	Газ	10	1944	216	7,2	0,3

*) Примечание: При учете годовой производительности принят простой печей на текущем ремонте в 25% рабочего времени.

Количество печей системы Оливье-Пьетта, реконструированных для коксования пека 12, с полезной емкостью каждая в 6 тонн пека.

Как было указано в технологической схеме, доставка жидкого пека производится в изолированной цистерне, емкостью около 50 тонн. Загрузка пека в термоцистерну производится выдавли-

ванием паром из пекоотделителя; выдача жидкого пека в пекоприемники происходит самотеком, через специальное перепускное устройство корытообразной формы, позволяющее маневрировать установку термоцистерны на протяжении 1 м, при расчетной скорости охлаждения жидкого пека из условий теплопотерь в окружающую среду в зимнее время, равной 2,5 градусов/час и минимально-допустимой температуре охлаждения пека в цистерне до 100° С, термоцистерна покрыта слоем термоизоляции толщиной в 130 мм.

Пекоприемники установлены в виде двух, заключенных в общую обмуровку, жаротрубных котлов общей емкостью до 75 тонн; эта емкость мотивируется необходимостью обеспечить непрерывную циркуляцию пека между пекоприемниками и коксовыми печами. Топки перед каждым пекоприемником газовые, выносные; расход коксового газа на отопление пекоприемников 65 м³/час коксового газа, при тепловом коэффициенте полезного действия пекоприемников = 65%. Распределение температур в дымоходах пекоприемников: температура в топке 1100°С; температура в первом (футерованном дымоходе—жаровой трубе 750° С); во втором дымоходе—боковом (не футерованном) 650° С и температура в третьем (нижнем) дымоходе 400°С. Распределение поверхностей нагрева в дымоходах следующее: в 1-м дымоходе 2,97 м², во втором—1,3 м², в третьем—3,82 м²; общая поверхность нагрева 8 м². Дымовая труба для обоих пекоприемников одна железная, высотой 16 м.

Трубопроводы для перемещения пека на коксовые печи и для обратной циркуляции—стальные бесшовные трубы, диаметром 100 м, с паровым наружным обогревом в виде трубы, диаметром 150 мм. В местах установки компенсаторов на воздушной коммуникации для удобства монтажа вместо паровой рубашки установлены паровые камеры, в которых и находятся компенсаторы. Расчетная потеря напора в пекопроводах, включая также и трубчатую печь до мерника на печах, общей протяженностью (по развернутой линии) 250 м, составляет 35 м вод. ст. Из этой общей протяженности на наружную (воздушную) коммуникацию приходится 81 м.

Режим коксования предназначен следующий: посредством мерника в печь через пековый коллектор при открытом кране над печью загружается 750 кг жидкого пека; по прошествии 1½ час. снова загружается порция 750 кг и т. д. Таким образом, число порционных загрузок 8 на протяжении 12 часов. В промежутки времени между порционными загрузками происходит частичное коксование; окончательное коксование совершается в течение остальных 12 часов, так как полный период коксования принят в проекте равным 24 часам. Необходимость порционной загрузки по материалам УХИНа для Старо-Макеевского коксохимического завода и по указаниям Н. А. Никольского обусловлена тем, что при коксовании пека происходит кратковременное бурное газовыделение; во избежание сильного увели-

чения давления в камере коксования и забивания смолой стояков во время бурного газовыделения и предусмотрена порционная загрузка. Произведенные для изучения этого явления специальные опыты в лабораторных условиях (лаборатория кафедры аппаратуры Томского индустриального института) с очевидностью убеждают в этом. В печь с электрическим обогревом, предварительно нагретую до 800°C , заливался пек в количестве 4 кг. В течение первых 2-х часов газовыделение было медленное, а затем газ начал бурно выделяться, так что в результате неорошаемый стояк диаметром 75 мм не мог справиться с пропуском газа через живое сечение и газ вместе с парами смолы интенсивно просачивался через кладку, через флянцы.

Из теплового баланса, составленного для реконструированных печей системы Оливье-Пьетта без регенерации, следует, что расход тепла на коксование 1 кг пека составляет 1050 кал. и термический коэффициент полезного действия равен 35%. Уместно отметить, что расход тепла на коксование пека в печах системы Бекера (по литературным данным) в США на 18% меньше, что объясняется меньшим периодом коксования (16 часов вместо 24) и регенерацией тепла в печах системы Бекера. В СССР в настоящее время производство пекового кокса осуществляется на Старо-Макеевском и Кемеровском коксохимических заводах, а также предполагается использование пламенных печей, находящихся сейчас на ремонте (Криворожье).

За период работы печей на жидком пеке выявились некоторые отрицательные стороны эксплуатации их: так, например, в своей статье (Кокс и химия № 4—5—1939 г.) представитель Главкокса Горелик С. указывает:

Жидкий каменноугольный пек разъедает шамотовую кладку и швы, создавая неплотности, что ведет к проникновению пека в горелочные каналы, регенераторы и тоннель. Особенно разъеданию подвергался головной кирпич камеры.

Приходилось вести систематический ремонт печи—менять головки печей, делать глубокую расшивку швов и ставить „заплаты“ по длине простенка до 4 м².

В заключение ставится вопрос о необходимости подбора соответствующего состава огнеупора—противостоящего разрушающему действию жидкого пека при высоких температурах.

V. Дополнительные исследования, необходимые для создания более рационального оборудования для производства пекового (электродного) кокса

При проектировании встретился ряд затруднений из-за отсутствия данных о поведении пека при транспорте, подогреве его и коксовании. Поэтому в дальнейшем необходимы дополнительные исследования, которые должны экспериментально (в лабораторном и заводском масштабе) дать дополнительные мате-

диалы для проектирования более рациональной конструкции теплового оборудования. В частности, необходимо определить коэффициент трения при течении жидкого пека по трубопроводам. В настоящее время при проектировании пекопроводов принимают значение коэффициента трения равным коэффициенту трения для смолы. Знание величины коэффициента трения, как функции от температуры, позволило бы установить зависимость между затратой напора и степенью подогрева пека. При перемещении жидкого пека по трубопроводам применяют в качестве побудителей движения три средства: пар под определенным давлением, насосы и самотек под влиянием разности уровней. Наиболее распространено применение пара. В связи с этим возникает необходимость в изучении влияния пара на условия коксования пека: продолжительность коксования, выход кокса, выход газа и пековой смолы.

Также мало выяснен режим коксования пека. В американской практике (по литературным данным) жидкий пек непрерывно заливается в печь в течение 3 часов; затем загрузка пека прекращается и происходит коксование. В германской практике (также по литературным данным) в печи загружается твердый кусковой пек; в практике работы Старо-Макеевского коксохимического завода загрузка пека порционная; такой же способ загрузки принят в проекте для Кемеровского коксохимического завода. При последнем способе загрузки неизбежно, что первые порции пека коксуются полный период (24 или 36 часов), но следующие порции коксуются меньшее время и, наконец, последняя порция только половину всего времени. Надо при этих условиях ожидать неравномерного коксования; к сожалению, тщательных наблюдений за качеством кокса не произведено.

В отличие от металлургического кокса, к пековому электродному коксу не предъявляется требование в отношении определенной крупности кусков, поэтому для увеличения производительности печей для коксования пека практически в большей степени, чем для печей при коксовании каменного угля, применим закон квадратичной зависимости производительности нагревания (коксования) от толщины угля (пека), т. е. вполне логично предполагать неизбежность коксования пека в очень тонком слое. Если в настоящее время коксование пека производится в печах, предназначенных для коксования каменного угля, то, очевидно, в ближайшее время возникнет неизбежность создания совершенно иных конструкций печей, отличных от типовых.

Интересна также проблема использования газа, получаемого при коксовании пека; газ получается по составу отличный от коксового; в пековом газе содержится до 75% водорода; поэтому вряд ли целесообразно смешивать коксовый газ с пековым газом; это повлечет за собой организацию самостоятельного газового хозяйства на пекококсовальных установках.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Петров, Майдановская и др.—К вопросу об изготовлении электродов из каменноугольного пека углей Кузбасса. Журнал „Кокс и химия“, № 3, 1933 г. и Труды Сибирского Физико-технического института. Томск, том II, 1933 г.

2. И. Я. Постовский и В. Н. Новиков,—К характеристике пеков. Журнал „Кокс и химия“, № 8, 1934 г.

3. Н. А. Никольский и М. А. Степаненко,—Получение электродного кокса из пека на заводской установке по методу УХИН'а. Журнал „Кокс и химия“, № 10, 1934 г.

4. В. М. Копелиович,—Коксование каменноугольного пека с целью получения малозольного кокса для производства электродов в США. Журнал „Кокс и химия“, № 4, 1935 г.

5. Н. А. Никольский, М. А. Степаненко, Н. А. Кабаченко,—Коксование пековой смолы. Журнал „Кокс и химия“ № 4, 1936 г.

6. В. М. Копелиович,—Итоги работы харьковского углехимического института к XX годовщине октября. Журнал „Кокс и химия“ № 11, 1937 г.

7. С. Горелик,—Производство пекового кокса. Журнал „Кокс и химия“, № 4-5, 1939 г.