

P  
A-1459

EESTI NSV TALLINNA POLÜTEHNILINE INSTITUUT  
ТАЛЛИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ЭСТОНСКОЙ ССР

Seeria A № 21

(Juuni 1941)

П. К. Когерман

**О перегонке эстонских горючих сланцев  
в пробной тоннельной печи системы  
К. Т. О.**

ЭГОСИЗДАТ „НАУЧНАЯ ЛИТЕРАТУРА“  
ТАРТУ 1941

ART

ESTICA

Р  
А-1459

Kohustuslik kontrolleksamplar

EESTI NSV TALLINNA POLÜTEHNILINE INSTITUUT  
ТАЛЛИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ЭСТОНСКОЙ ССР

Seeria A № 21

(Juuni 1941)

П. К. Когерман

**О перегонке эстонских горючих сланцев  
в пробной тоннельной печи системы**

**К. Т. О.**

ЭГОСИЗДАТ „НАУЧНАЯ ЛИТЕРАТУРА“  
ТАРТУ 1941

ESTLISE ÜHIVALLIASE POLÜTEHNILISE INSTITUUDI  
ТАВТНИКОВСКИЙ ПОЛЫТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ЭСТОНИА

(1941. aastal)

№ 15. A. 1941

H. K. Kõrreman

Õpetustöö ja teadusliku uurimistöö  
võttes kasutatavate kirjanduste ja  
dokumentide loetelu



21380

ARHIIVKOGU

Vastutav toimetaja A. Parts. Tehniline toimetaja E. Kollom. Korrektor V. Terras.  
Ladumisele antud 15. V 1941. MB5185. Trükkimisele antud 19. VI 1941.  
Laotihedus trpg. 40 800. Trükipoognaid 1¼. Autoripoognaid 0,87. Paberi formaat  
67 × 95. 1/16. Trükiarv 800. Trükitud „Hans Heidemanni nimelises trükikojas“, 1941.  
Tartu, Vallikraavi 4. Tellim. nr. 562.

Эгосиздат „Научная Литература“, Тарту.

## ВВЕДЕНИЕ.

Наиболее интересной отраслью технического использования горючих сланцев, несомненно, является перегонка их при низкой температуре (450—600°) с целью получения высококачественного моторного топлива, пропиточных масел, сланцевого мазута и других продуктов сланцевой смолы.

Почти все известные в технике пути и установки для перегонки горючих ископаемых были использованы и для перегонки эстонских сланцев. В поисках лучших методов и аппаратов для производства смолы эстонские горючие сланцы были неоднократно подвергнуты пиролизу в примитивных шахтных печах с наружным обогревом, в разных типах генераторов с внутренним обогревом, на лентах и в вагонетках в тоннельных печах с циркуляцией горячих газов и, наконец, в стационарных и во вращающихся горизонтальных ретортах с внешним обогревом 2, 4, 5. Многие из вышеупомянутых систем были признаны специалистами негодными для промышленных целей, но через чистилище опыта прошли все же три основных типа сланцеперегонных установок, а именно, генераторы-реторты, тоннельные печи и вращающиеся горизонтальные реторты усовершенствованного типа. На основании эстонского опыта можно сказать, что каждая из вышеупомянутых трех систем перегонки имеет свои положительные и отрицательные стороны, но несомненно ни одна из этих систем не достигла еще предела всестороннего технического совершенствования.

В нижеследующем очерке мы коснемся одного этапа в развитии тоннельных печей, а именно, испытания и оценки процесса перегонки в пробном отсеке инженера М. С. Кулжинского, т. н. системы *К. Т. О.*; запатентованного в Германии и Эстонии.

Осенью 1937 года представители английской фирмы „*К. Т. О. Patents Limited*“ сделали автору предложение взять на себя контроль серии испытаний пробного отсека тоннельной печи инж. М. С. Кулжинского. Пробный завод был выстроен

летом того же года на руднике Ванамыза. Автор с двумя ассистентами Лаборатории Горючих Сланцев при Таллинском Политехническом Институте следил за процессом перегонки от 3-го по 11-е сентября 1937 г. Всю экспериментальную часть работы, связанную с испытанием пробного завода, как-то отбор образцов сланца, газа и кокса, анализы продуктов перегонки сланца и т. д. любезно взяли на себя ассистенты Г. Кару и К. Вески. Руководителем всех работ был сам инженер М. С. Кулжинский, по указаниям которого работали кадры завода Фр. Круль.

## ОПИСАНИЕ ПРОБНОГО ЗАВОДА.

Пробный завод был построен по плану инж. М. С. Кулжинского машиностроительным заводом Фр. Круль (ныне „Красный Круль“) в Таллине. Здание, в котором помещается пробная печь и конденсационная установка, находится в 12 м. к востоку от старого сланцеперегонного завода руднике Ванамыза. Два маленьких газгольдера, по 15 куб. м каждый, расположены к северу от здания. Узкоколейная железная дорога соединяет здание завода с рудником. На чертеже рис. 1 показано расположение отсека и конденсационной установки, а рис. 2 дает разрез по АВ конденсации. Из фотографии рис. 3 видны размеры здания, снятого с южной стороны.

Ввиду того, что в литературе имеются подробные описания сланцеперегонных тоннельных печей Эстонии, то повторять их здесь не будем, приводим только описание пробной перегонной печи. Как уже выше сказано, описываемая здесь пробная или опытная тоннельная печь представляет из себя в сущности лишь одно звено или „отсек“ промышленной тоннельной печи, но на ней легче изучать влияние изменений конструкции печи и физико-химического режима самого процесса перегонки.

В камере печи (1) может помещаться только одна вагонетка особой конструкции с двойным дном (рис. 4.). Емкость вагонетки около 2 куб. м. Камера снабжена дверью (затвором) (2), которая при помощи особого приспособления плотно прижимается к раме камеры. Циркуляционный вентилятор, находящийся с боку камеры, приводится в движение электромотором в 22 КВ, мощность которого 200 куб. м воздуха в мин. при 1480 оборотах в мин. Ток получался во время опытов из цементного завода „Порт-Кунда“, находящегося по близости.

Газы, циркулирующие в камере и нагревающие сланец до температуры перегонки, подогреваются в особом перегревателе (3). На снимке (рис. 5) сняты перегреватель и камера до монтажа печи.

Перегреватель состоит из 50 труб из теплоупорной стали, 2,5 м в длину и 51 мм в диаметре; общая поверхность нагрева 20 кв. м. Теплоту, необходимую для обогрева самого перегревателя, дают топочные газы, образующиеся при сжигании

мазута в цилиндрической топке (4). Электромотор в 3 КИ (5) снабжает топку воздухом в количестве 150 куб. м. в мин. По выходе из перегревателя топочные газы поступают в дымовые трубы.

Перманентные газы вместе с парами смолы и воды, получаемые при перегонке сланца, циркулируют через загрузку сланца, соответствующие каналы и трубы перегревателя, а избыток газов и паров поступает через газоотводную трубу (6) в конденсационную установку. Газоотводная труба снабжена предохранительным клапаном.

Конденсационная установка (рис. 2) состоит из одного воздушного конденсатора, двух водяных холодильников и скруббера.

Скорость выхода газа из конденсаторов регулируется эксгаустером и соответствующей заслонкой. Из скруббера газы поступают в газгольдер. Во время опытов все фракции смолы смешали в общей цистерне.

Горячий кокс по совершении процесса перегонки тушится в камере печи. По охлаждении вагонетка выводится из печи, кокс еще раз обливают водой, после чего вагонетку опоражнивают.

### КОНДЕНСАЦИОННАЯ УСТАНОВКА.

Конденсационная установка не была специально рассчитана и приспособлена для отсека, а была замонтирована из отдельных аппаратов, которые нашлись в вышеупомянутом старом сланцеперегонном заводе. Она состоит из трех конденсаторов-холодильников и одного вагера-скруббера.

Первый холодильник — воздушный (7) — состоит из 37 стальных труб, с общей поверхностью охлаждения  $12,4 \text{ м}^3$ ; второй холодильник (с теплой водой) состоит из 37 стальных труб с общей поверхностью охлаждения  $9,2 \text{ м}^3$  (8); третий холодильник (с холодной водой) состоит из 28 труб, наполненных деревянными стержнями с поверхностью охлаждения в  $28,8 \text{ м}^3$  (9); вертикальный скруббер (10), 6 м высоты и 3 м в диаметре, был заполнен до  $4/5$  высоты кольцами Рашига.

Поверхность охлаждения оказалась слишком большой для пробной печи и большая часть масляных паров конденсировалась в первых двух конденсаторах.

### ПРОЦЕДУРА ПЕРЕГОНКИ.

При пуске в действие пробного отсека вагонетку со сланцем вдвинули в камеру печи, затвор спустили и наглухо замазали. Затем зажгли горелку и минут через десять пустили в ход большой циркуляционный вентилятор. К концу дестилляционного периода впускали в камеру пар.

Все детали хода перегонки приведены в таблице 1, которая является одной из типичных.

Средняя продолжительность всей процедуры перегонки была 8 часов 23 минуты, а средний период смолообразования — 1 час 38 мин. Печь работала периодически, поэтому расходы мазута были значительны.

### ИЗМЕРЕНИЯ.

Вагонетку со сланцем взвешивали на весовой площадке и вес сланца определяли из разности между весом загруженной вагонетки и пустой вагонетки (тарой).

Смолу из отстойного резервуара (рис. 1, 12) по отделении воды взвешивали в ведрах или бидонах.

Количество газа измеряли в двух газгольдерах и температуру газа измеряли термометром непосредственно до впуска газа в газгольдер.

Температуру разных секторов печи зарегистрировали при помощи шести пирометров, а температуру в конденсации измеряли при помощи обыкновенных ртутных термометров.

Давления в перегонной камере и в конденсационной системе определяли при помощи U-образных водяных манометров и даны в таблице 1 в мм (mm) водяного столба.

### ОТБОР ПРОБ ДЛЯ АНАЛИЗА.

Сланец для перегонки получили из рудника Убья (Ubjа), расположенного в 2-х километрах от завода. Для перегонки употребляли кусковый сланец, от 25 до 150 мм в диаметре, мелкий же сланец отсеивался. Сланец был высокого качества, содержал в среднем 6,8% влаги и 43,1% органического вещества. Анализы сланца приведены в таблице 2.

Образцы сланца для анализа были отобраны при загрузке вагонетки: отбирали каждую десятую загрузку лопаты и бросали в ящик для образцов. Пробу измельчали и квандировали по общепринятому методу.

Образцы кокса отбирали после тушения непосредственно из вагонетки из девяти мест, а именно, из центра загрузки одну, а из двух горизонтов — по четыре пробы.

При двух опытах анализировали все девять проб отдельно, а при пяти опытах анализировали лишь среднюю пробу, полученную при смешении всех девяти образцов. Результаты анализов приведены в таблице 3.

Пробы жидких продуктов перегонки брали при взвешивании их из бидонов. При одном опыте перегонки ана-

лизировали отдельно все четыре фракции, полученные из отдельных холодильников, при остальных же опытах анализировали лишь смешанную пробу сырой сланцевой смолы, т. е. смесь всех фракций.

Количество газ-бензина в газах определяли отдельно адсорбцией в минеральном масле (керосине).

Пробы газа для анализа отобрали из газоотводной трубы у газгольдера по отдельным периодам при перегонке. Анализы газа приведены в таблице 4, а скорость выхода газов изображена графически на чертеже рис. 6.

Расход мазута для топки. Мазут подавался из баков (13) в горелку и изменение уровня жидкости в баке показывало количество мазута в литрах. На каждую перегонку израсходовали в среднем 596 литров мазута. Перманентных газов не использовали для сжигания в топке. Расход мазута на тонну перегоняемого сланца довольно значительный, но если принять во внимание, что отсек работал периодически и охлаждался за ночь и утром приходилось всю систему подогревать заново, то в данном случае количество израсходованного мазута не может служить критерием для непрерывно действующего завода.

По имеющимся данным расход мазута в тоннельных печах „Kiviõli“ составляет в среднем лишь около 2% всей продукции сланцевой смолы на этом заводе.

## ПРОДУКТЫ ПЕРЕГОНКИ.

**Сырая сланцевая смола.** Смола, полученная при перегонке эстонского сланца в новом отсеке, по своим свойствам похожа на смолу, получаемую при перегонке сланца во вращающихся ретортах Дэвидсона. Уд. вес сырой смолы колебался в очень узких пределах, от 0,951 до 0,957 при 20° С.

Ввиду того, что на сланцеперегонном заводе „Kiviõli“ для охлаждения паров смолы, выходящих из тоннельной печи, применяется система фракционной конденсации и отдельных фракций смолы не смешивают, то сырой смолы, как таковой, не получают и, поэтому, не было возможности непосредственно сравнивать свойства „сырой смолы“ из отсека и из промышленной тоннельной печи.

Содержание влаги в смоле колебалось от 1,0—1,5%. Количество легких погонов, кипящих ниже 200° С, было в среднем 17%.

Количество фенолов в эстонской сланцевой смоле, как известно, зависит от метода определения. Щелочный раствор фенолов и солей органических кислот, получаемый при действии раствора NaOH (5—10%) на сырую смолу, содержит зна-

чительное количество нейтральных масел <sup>3</sup>. В данном случае из щелочного раствора фенолятов и солей экстрагированием удалили нейтральные масла. При этом методе определения фенолов и кислот в сырой смоле оказалось около 22<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Содержание серы в смешанной пробе смолы было 0,8<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Смола практически не содержала пыли или минеральных веществ: их содержание было лишь 0,06<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Данные анализа сырой смолы приведены в таблице 5.

Количество легкого бензина или газ-бензина, улавливаемого в промывном масле (wash-oil), было в среднем 6,7<sup>0</sup>/<sub>0</sub> по весу сырой смолы или 1,7<sup>0</sup>/<sub>0</sub> по расчету на воздушно-сухой сланец.

**Кокс.** При двух опытах перегонки девять проб кокса (из одной вагонетки) были анализированы каждая отдельно. Пробы, отобранные из верхнего горизонта, у углов вагонетки, отмечены в таблице 3 буквой „А“, а взятые из нижнего горизонта загрузки — буквой „В“. Пробы из центра загрузки отмечены буквой „С“. Как видно из таблицы 3, содержание органического вещества или углерода в коксе колебалось от 9,6<sup>0</sup>/<sub>0</sub> до 11,6<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. При остальных пяти опытах перегонки среднее содержание углерода в коксе было 10,9<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. При накаливании кокса в аппарате Фишера жидких дистиллятов больше не появилось.

**Газы.** Газы содержали значительное количество улавливаемых легких углеводородов. Из данных анализа газов (табл. 4) видно, что содержание непредельных углеводородов в газе довольно значительно. Газы тоннельных печей можно было бы использовать для производства растворителей (гликолей) и полимеризационного бензина.

**Возможные ошибки.** При оценке процесса перегонки сланца в новом отсеке и при обсуждении результатов анализа нельзя упустить из виду, что при всяком отборе проб из неоднородного материала, как напр. кусковый сланец и кокс, возможны некоторые неточности, влияющие на результаты анализа. В данном случае эти погрешности кажутся автору незначительными, ввиду опытности химиков, отбирающих все пробы.

## ПОТЕРИ.

При составлении материального „баланса“ исследуемого процесса перегонки наибольшим затруднением оказалось определение точного количества и калорийности кокса, который после тушения содержал много воды, вследствие чего вагонетку с коксом не взвешивали.

Количество кокса определяли косвенно, сопоставляя данные анализов кокса из лабораторной реторты Фишера с данными анализов кокса из отсека. Соотношения оказались вполне удовлетворительными.

Из серии опытов перегонки опыт 48, от 22 ноября 1937 года, был выбран для составления материального и энергетического баланса и для определения потерь.

Данные анализов сланца и продуктов перегонки сопоставлены в таблицах 6, 7. Как видно из данных анализа, потери при процессе оказались незначительными, а именно 1,5% по весу перегоняемого сланца или 5,1% в калориях.

### ПРЕИМУЩЕСТВА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

М. С. Кулжинский в объяснительной записке к германскому патенту, D. R. P. 576276, приводит ряд преимуществ новой конструкции печи, из которых важнейшими являются:

1. меньшая кубатура новой печи по сравнению с существующей тоннельной печью „Kiviöli“ (рис. 7), что обусловливает с одной стороны экономию материала, порядка 60 тонн железа и стали при печах с пропуском 400 тонн сланца в сутки, с другой стороны также экономию и строй-материала ввиду меньшей кубатуры здания завода;

2. при новой конструкции газы, вступающие с боку в нижнюю часть вагонетки, приводятся в циклональное движение, более равномерно распределяются в загрузке и тем способствуют полноте карбонизации;

3. снабжение труб перегревателя особыми стальными щитами (Führungsbleche) должно препятствовать засорению труб и тем положительно отзываться на продолжительности периода работы печи.

### ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

**Легкость процедуры перегонки.** За весь период испытания отсека не возникло никаких затруднений в проведении перегонки. За исключением незначительной утечки газов и паров у краев заслона не наблюдалось никаких явлений, нарушающих процесс перегонки.

**Высокий выход смолы.** Даже при очень богатом сланце, т. е. содержащем высокий процент органического вещества, коэффициент превращения органического вещества в жидкие дистилляты, а, именно, 70, является максимальным для эстонского опыта. По сравнению с выходом смолы в лабораторной реторте Фишера, средний выход смолы при наших опытах был 101,3%.

**Полнота карбонизации.** Кокс из отсека не содержал больше смолообразующих компонентов. Содержание углерода в отдельных образцах кокса, взятых из разных мест вагонетки, не показывало значительных отклонений от среднего содержания углерода в смешанной пробе кокса.

**Незначительные потери.** Как упомянуто выше, потери в материальном балансе равны 1,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, а в тепловых единицах 5,1<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Эти данные надо признать весьма хорошими для пробной печи, ввиду того, что при лабораторной процедуре перегонки в реторте Фишера потери тепла в среднем равны 3,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Что касается вопросов израсходованной энергии, обслуживания и т. д., то опыты отсека недостаточны для расчета потребностей промышленной тоннельной печи и мы здесь ближе их касаться не будем.

#### ЛИТЕРАТУРА.

1. Германский патент (D. R. P.) 576276.
2. Дубасов, П. И. и Челинцев, В. В. (редакторы): *Горючие сланцы и их техническое использование*. Ленинград, 1932.
3. Kogerman, P. Researches on the Chemistry of Estonian Shale Oil, Part I. The Isolation and Properties of Phenols. *J. Soc. Chem. Ind.* vol. XLVI, No. 14, 1927.
4. Kogerman, P. The Carbonisation of Oil Shales. *L'Energia Termica*, 1933, No. 3; 1934, No. 1.
5. Zeidler, R. *Neue Wege der Verwertung des Ölschiefers und seiner Umwandlung in Öle*. Tallinn, 1933.
6. Эстонский патент 2000.



Таблица 2. Состав сланца.

Номера опытов	5	6	7	8	9	10	11
	Проценты по весу						
1. Вода . . . . .	5.2	7.8	7.0	5.9	6.4	7.2	8.3
2. Зола . . . . .	44.3	42.5	42.6	42.1	43.7	43.7	42.0
3. CO <sub>2</sub> . . . . .	13.9	13.2	14.0	13.2	13.9	15.0	13.8
4. Орг. вещество (на сух. вещ.) . . . . .	41.8	44.3	43.4	44.7	42.4	41.3	44.2
5. Разгонка по Фишеру:							
Смола . . . . .	30.3	31.0	30.1	30.4	30.1	29.0	30.9
Вода . . . . .	3.6	3.2	3.7	3.6	3.1	2.4	3.0
Кокс . . . . .	61.1	59.7	60.6	59.6	60.6	61.7	59.1
Газ и потери . . . . .	5.0	6.1	5.6	6.4	6.2	6.9	7.0
Выход смолы из орг. вещества	72.5	69.9	69.5	68.0	70.9	70.3	69.8

Таблица 3. Анализ кокса.

Номера опытов	5										6								7	8	9	10	11
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	C	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	C	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	—	—	—	—	—
1. Зола % по весу	70.0	69.9	69.5	65.0	67.7	69.6	68.2	67.2	66.8	67.2	66.3	68.9	68.3	65.7	69.6	69.8	68.8	69.4	66.6	67.8	69.2	66.6	68.5
2. CO <sub>2</sub> "	20.4	20.9	20.7	25.2	22.8	22.1	19.1	21.1	20.9	19.4	20.0	20.7	22.8	21.8	20.9	19.2	20.0	22.6	21.8	21.2	21.2	20.8	21.8
3. Орг. вещества % по весу	9.6	9.2	9.8	9.8	9.5	8.3	12.7	11.7	12.3	13.4	13.7	10.4	8.9	12.5	9.5	11.0	11.2	8.0	11.6	11.0	9.6	12.6	9.7
4. Разгонка по Фишеру: смола	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Вода	0.2	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3
Кокс	98.4	97.9	98.2	98.2	98.3	98.4	98.1	98.1	98.2	96.7	97.2	98.5	99.3	98.0	97.9	98.2	98.0	99.1	98.2	98.2	98.3	98.1	98.2
Газ и потери	1.4	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.7	1.7	1.6	2.9	2.4	1.2	0.4	1.8	1.8	1.6	1.8	0.7	1.6	1.5	1.5	1.6	1.5

Таблица 4. Анализ газов.

Номера образцов	8/1	8/2	8/3	9/1	9/2	9	9/3	9/4	9/5	10	11
CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> S % по объему	21.2	14.2	8.9	51.7	39.5	0.8	26.3	18.0	12.5	15.2	35.0
O <sub>2</sub> " "	1.8	2.5	2.6	1.5	1.4	4.4	1.8	1.6	2.0	2.0	1.9
C <sub>n</sub> H <sub>n</sub> " "	12.8	11.5	10.1	9.4	11.7	5.8	12.9	13.3	12.3	12.5	13.3
CO " "	6.6	5.3	4.2	9.2	10.2	9.8	4.3	2.0	2.9	3.4	6.0
H <sub>2</sub> " "	8.8	11.6	12.8	3.6	4.3	10.7	5.5	8.6	11.2	6.6	1.7
CH <sub>4</sub> + C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> " "	30.2	42.9	47.9	17.3	26.5	42.5	34.8	42.8	48.6	40.4	35.2
N <sub>2</sub> " "	18.6	12.0	13.5	7.3	6.4	26.0	14.4	14.7	10.5	19.9	6.9

Периоды отбора проб; мин. и сек. от начала выделения газов.

Номера	8/1	8/2	8/3	8/1	8/2	9/1	9/2	9	9/3	9/4	9/5	10	11
Мин. сек.	62.50	76.05	101.60	29.23	51.44	30.39	35.52	52.28	56.38	70.46	91.56	83.07	53.15

Примечание: при № 8/1, 8/2 и 9 в пробах был определен газ-бензин. Проба 9 рассчитана на обезбензиненный газ.

Таблица 5. Свойства смолы.

Номера опытов	5	6	6I	6II	6III/IV	7	8	9	10	11
1. Уд. вес при 20° С	0.954	0.951	1.016	0.916	0.815	0.957	0.956	0.954	0.953	0.956
2. Воды % по объему	1.5	1.0	1.1	1.2	0.1	1.2	1.0	1.2	1.0	1.1
3. Вязкость по Энглеру при 20° С.	6.1	4.6	15.8° E 50° C 3.2° E 80° C	2.0	1.0	7.2	7.0	6.7	6.6	7.0
4. Нераств. в бензине % по весу	0.2	3.1	0.4	3.4	0.2	2.0	3.3	0.1	0.3	4.3
5. " в бензоле % по весу	0.13	0.04	0.13	0.02	0.01	0.14	0.10	0.09	0.09	0.10
6. Зола % по весу	0.08	0.02	0.08	0.01	0.00	0.09	0.07	0.06	0.05	0.05
7. Точка вспышки по М.-П.			72° C							
8. Разгонка по Энглеру										
Первая капля	65° C	70° C	235° C	65° C	55° C	65° C	65° C	65° C	65° C	65° C
50% по объему	125	115	293	100	76	125	127	117	127	119
10 "	154	149	313	133	88	168	161	161	158	155
15 "	180	179	333	152	97	195	190	190	185	180
20 "	218	210	340	170	105	226	221	221	219	210
25 "	224	239	347	190	112	258	250	250	250	250
30 "	277	262		213	120	278	278	277	278	273
35 "	296	285		233	128	303	300	300	298	295
40 "	314	305		250	135	321	314	316	316	311
45 "	326	321		270	145	330	331	331	334	324
50 "	334	333		288	156	340	339	341	344	334
55 "	347			304	168	349	345	349		342
60 "				316	182					
65 "				333	200					
70 "				346	227					
75 "					253					
80 "					282					
85 "					315					
90 "					340					
95 "										
До 100° С % по объему	4	4		5	18	3	3	3	3	4
" 200° С "	17	18	—	27	65	16	17	16	17	17
" 250° С "	25	28		40	74	24	25	25	25	25
" 300 " "	36	39	5	54	83	34	35	35	36	36
" 315 " "	40	42		59	85	40	40	40	40	41
" 350 " "	59	58	35	73	92	58	62	58	56	60
9. Кокс (по Конрадсону)	1.748		3.535					2.38		3.925

Примечание: номера опытов 6I, 6II и 6III/IV обозначают фракции смолы, получ. из отдельных конденсаторов.

Таблица 6.  
Баланс.

	1	2	3	4	5
	кг.	%	Калорий- ность, кг./кал.	Коли- чество кг./кал.	Процент тепловых единиц
Взято сухого сланца	1712	100	4445	7610000	100
Получено:					
смолы . . . . .	558	32.6	9725	5426000	71.3
кокса . . . . .	984	57.5	1179	1161000	15.3
воды . . . . .	66.8	3.9			
газа . . . . .	79.7	4.5	7633	633500	8.3
потери . . . . .	23.5	1.5		389500	5.1
Сумма	1712	100		7610000	100

Таблица 7.  
Сравнение результатов.

Номера опытов	5	6	7	8	9	10	11
Загрузка сланца кг. . . . .	1796	1849	1777	1831	1855	1885	1888
Воды % . . . . .	5.2	7.8	7.0	5.9	6.4	7.2	8.3
Сухого сланца кг. . . . .	1703	1705	1655	1723	1737	1749	1731
Выход смолы кг. . . . .	522	528	540	527	530	540	552
Воды в смоле % . . . . .	1.5	1.0	1.2	1.0	1.2	1.0	1.1
Сухой смолы кг. . . . .	514	523	534	521	524	534	546
Выход смолы:							
перегонка в печи % . . . . .	30.2	30.4	32.3	30.3	30.1	30.5	31.5
" по Фишеру . . . . .	30.3	31.0	30.1	30.4	30.1	29.0	30.9
по сравнению с перег. по Фишеру % . . . . .	99.8	98.1	107.2	99.8	100	102.0	102.1

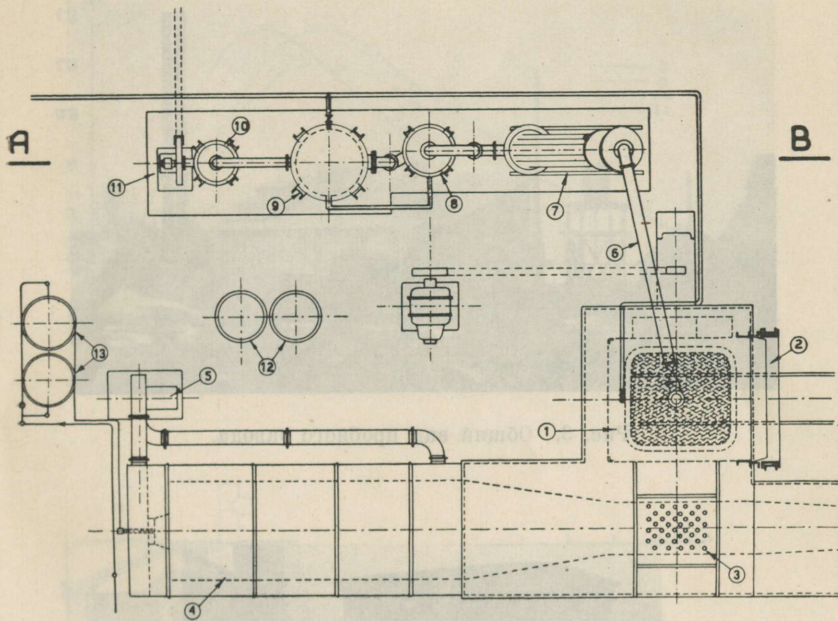


Рис. 1. План пробного завода.

РАЗРЕЗ А-В

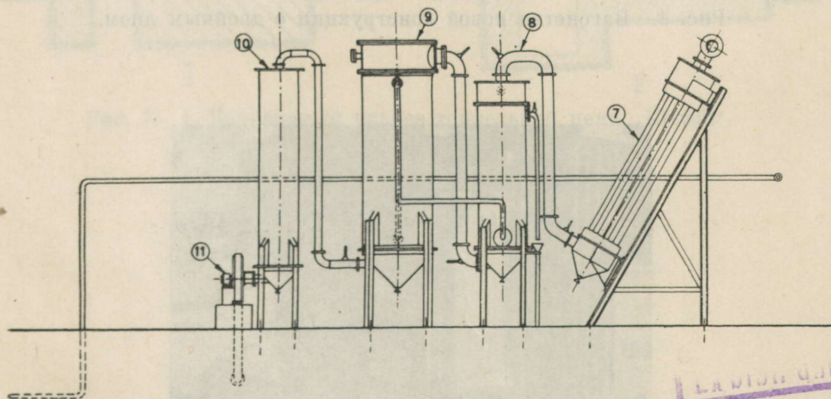


Рис. 2. Разрез конденсационной установки.

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

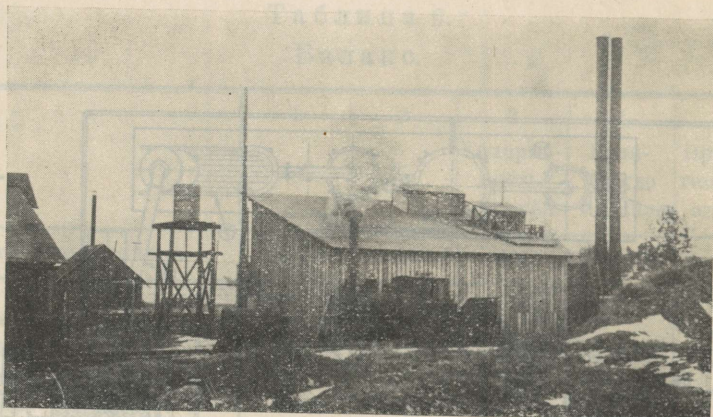


Рис. 3. Общий вид пробного завода.

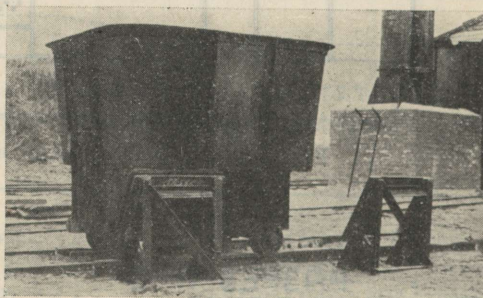


Рис. 4. Вагонетка новой конструкции с двойным дном.

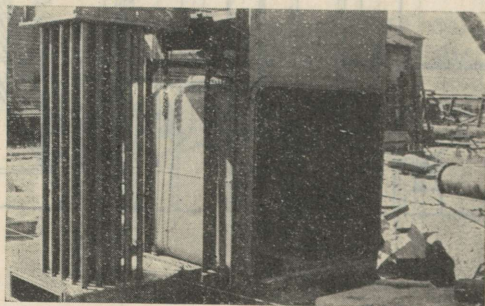


Рис. 5. Камера печи и перегреватель.

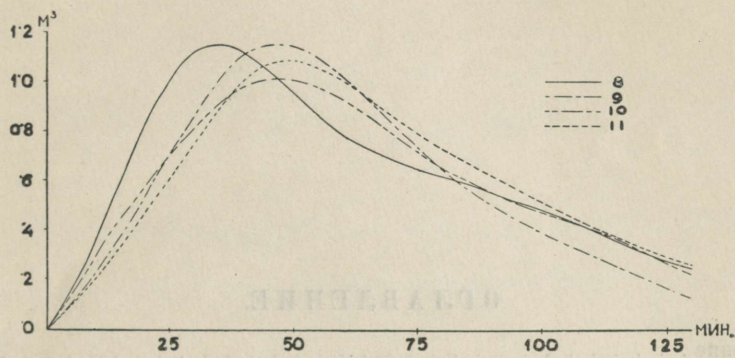


Рис. 6. Скорость выделения газов.

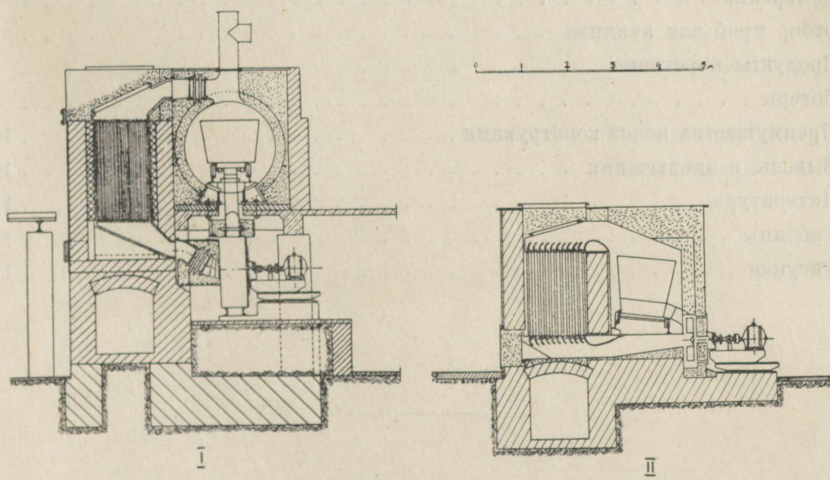


Рис. 7. I. Поперечный разрез тоннельной печи „Kiviöli“.  
II. Поперечный разрез нового отсека.

## ОГЛАВЛЕНИЕ.

	Стр.
Введение . . . . .	3
Описание пробного завода . . . . .	5
Конденсационная установка . . . . .	6
Процедура перегонки . . . . .	6
Измерения . . . . .	7
Отбор проб для анализа . . . . .	7
Продукты перегонки . . . . .	8
Потери . . . . .	9
Преимущества новой конструкции . . . . .	10
Выводы и заключения . . . . .	10
Литература . . . . .	11
Таблицы . . . . .	12
Рисунки . . . . .	17

2

21