

<https://doi.org/10.3176/oil.1995.2.06>

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ УТТ-3000 НА ЭСТОНСКОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

RESULTS OF EXPLOITING THE SHC-3,000 UNIT AT ESTONIAN POWER PLANT

Э. П. ВОЛКОВ
О. П. ПОТАПОВ

В. И. ЧИКУЛ

Г. П. СТЕЛЬМАХ
К. ИОРУДАС
В. Г. СВЕТИЧНЫЙ

Энергетический институт
им. Г. М. Кржижановского (ЭНИН)
Москва, Россия

К. И. СЕНЧУГОВ
А. Ф. ПОПОВ
А. Н. КАЙДАЛОВ
Б. В. КИНДОРКИН
О. С. ЧИКУЛ

Эстонская электростанция
Нарва, Эстония

E. VOLKOV
O. POTAPOV

V. CHIKUL

G. STELMACH
K. YORUDAS
K. SVETLICHNYI

Krzhizhanovsky Power
Engineering Institute (ENIN)
Moscow, Russia

K. SENGUCHOV
A. POPOV
A. KAYDALOV
B. KINDORKIN
O. CHIKUL

Estonian Power Plant
Narva, Estonia

Mastering of the "Galoter" process to produce oil from oil shale fines using the method of solid heat carrier (SHC) at the SHC-3,000 units is described in detail.

Получение жидких топлив из сланцев для нужд энергетики, транспорта, сельского хозяйства и других отраслей становится одним из приоритетных направлений в Эстонской республике. В свете этого суждения о работе и экономической эффективности двух установок УТТ-3000, построенных в 70–80-е годы, в новых экономических условиях приобретают иное содержание.

Созданная в Эстонии промышленная база как отрасль сланцепереработки включает и сланцевые генераторы, и УТТ-3000.

Эти технологии не конкурирующие, а взаимно дополняющие друг друга, поскольку генераторы перерабатывают кусковой сланец с размерами более 25 мм, а УТТ — сланцевую мелочь (0–25 мм).

Основные проблемы сланцепереработки относятся в настоящее время к области экономики. Главное направление их решения — улучшение экологических показателей и доведение их до европейских стандартов.

В плане экономической эффективности главным фактором является цена добываемого сланца, которая и определяет себестоимость получаемого сланцевого масла. В частности, для УТТ-3000 при цене сланца ниже 45–48 ЕЕК/т себестоимость суммарного сланцевого масла составляет около 600 ЕЕК/т, что позволяет использовать это жидкое топливо с прибылью как у производителя, так и у потребителя.

После 1991 г., когда Эстония была вынуждена покупать нефтепродукты по ценам близким к мировым, энерготехнологическая установка (ЭТУ) была переориентирована на получение фракций сланцевого масла с низкой температурой вспышки — 50 °С — и с температурой вспышки выше 60 °С, что позволило отказаться от покупки растопочного мазута для котлов. ЭТУ полностью обеспечила сланцевым маслом для растопки котлов Эстонскую электростанцию. Часть масла для этой же цели продается на Балтийскую электростанцию.

Только за счет разницы в цене между растопочным мазутом и сланцевым маслом Эстонская электростанция получает в год экономию более миллиона ЕЕК.

Легкие фракции сланцевого масла с низкой температурой вспышки и малой вязкостью нашли применение в малых котельных у более чем пятидесяти заказчиков. В 1993 г. выработка масла достигла 60 тыс. т.

За последние десять лет в освоении УТТ-3000 сделаны большие шаги. Хотя непрерывная работа агрегата не отвечает требованиям энергетики, с позиции ряда производств химической и нефтехимической промышленности безостановочный пробег в течение 15–18 суток с профилактической остановкой на 3–4 суток является приемлемым. Совершенно естественны дальнейшие усилия по увеличению времени непрерывной работы, что и делается коллективом цеха и группой ЭНИА.

Как известно, энерготехнологические установки с твердым теплоносителем (УТТ) пропускной способностью по сланцу 3 тыс. т/сут были введены в наладочную промышленную эксплуатацию в 1981 г. (агрегат № 2) и 1984 г. (агрегат № 1).

Первоначально, в 1972 г., предполагалось создать на Эстонской электростанции четыре агрегата, перерабатывающие по 3 тыс. т/сут сланца, с установкой четырех газотурбинных установок ГТ-100-750

общей мощностью 400 Мвт. Однако, из-за отсутствия в те годы газовых турбин, было решено создать сокращенный комплекс в составе двух УТТ-3000 и реконструированного на полное сжигание сланцевого масла и газа котла ТП-101, ст. № 8 (640 т/час пара, блок 200 Мвт), с обслуживающими цехами (отделениями). К 1984 г. была закончена реконструкция одной ячейки котла с удвоением ее проектной паропроизводительности по пару (с 320 до 640 т/час) для работы на сланцевом масле и газе полукоксования после отделения конденсации.

Хотя освоение УТТ-3000 еще не закончено, уже приобретен огромный научный, инженерный и эксплуатационный опыт. Его можно распространить на вновь проектируемые и создаваемые комбинаты по переработке мелкозернистого сланца как в России, так и в других странах, которые обладают запасами сланцев, но не имеют собственных запасов нефти, нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности.

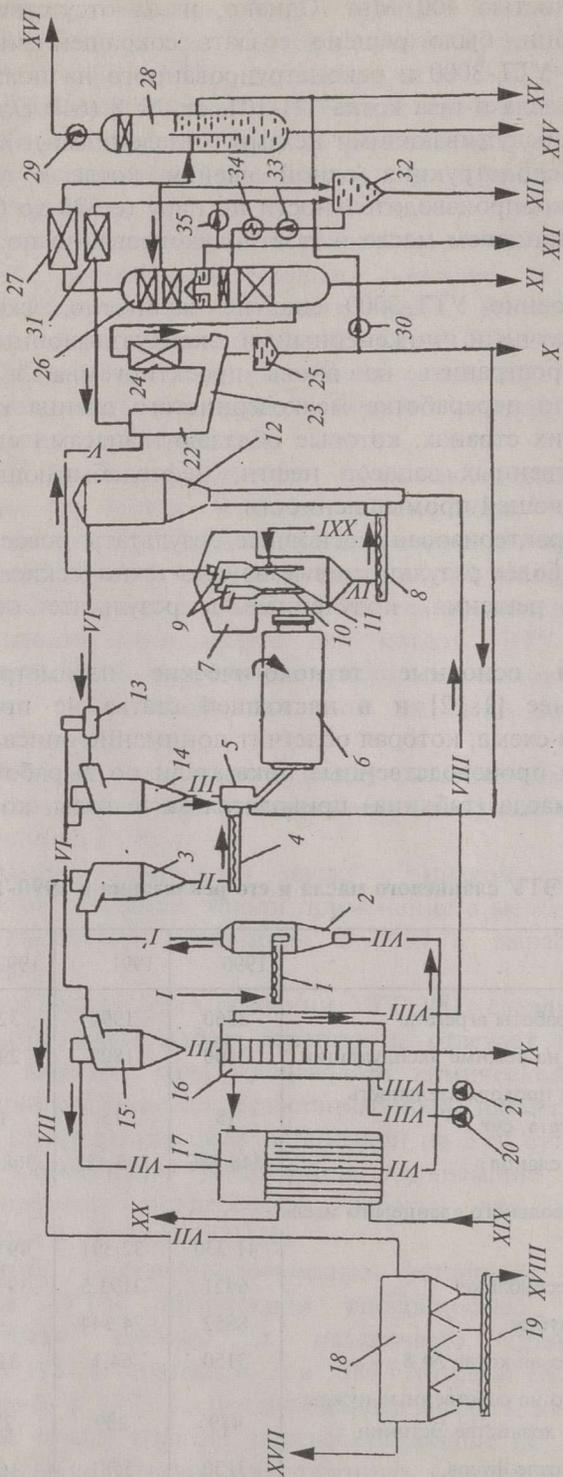
Ниже охарактеризованы основные результаты освоения и кратко описаны наиболее результативные научно-технические достижения и технические решения, полученные в результате освоения двух УТТ-3000.

Работа и основные технологические параметры УТТ-3000 описаны ранее [1, 2] и в настоящей статье не приводятся. На рисунке дана схема, которая облегчит понимание описанного.

Основные производственные показатели по выработке товарного сланцевого масла (таблица) приводятся за те годы, когда установка

Выработка на ЭТУ сланцевого масла и его реализация в 1990-1992 гг.

Показатель	1990	1991	1992	1993
Общее время работы агрегата	3560	1990	3274	4698
Время работы на режиме эксплуатации	3100	1808	2986	4436
Максимальная продолжительность пробега агрегата, сут	18	15	16	25
Переработано сланца	348 786	205 452	308 916	502 561
Выработка беззольного сланцевого масла:				
Всего	41 330	32 391	49 619	61 453
Продано в Республике	6421	2193,5	39 177	54 479
Продано за рубеж	8852	24 344	—	—
Использовано на котле № 8	3150	64,1	8469	5581
Использовано на собственные нужды в народном хозяйстве Эстонии	489	209	225	1087
Сожжено в котле фусов	3150	5581	1687	401,1



Принципиальная схема агрегата УТТ-3000

Оборудование: 1 — шнек исходного сланца; 2 — аэрофонтанная сушилка; 3 — циклон сухого сланца; 4 — шнек сухого сланца; 5 — смеситель; 6 — барабанный реактор; 7 — пылевая камера; 8 — шнек полукокса; 9 — циклоны; 10 — пылепускной стояк; 11 — эжектор пыли; 12 — аэрофонтанная технологическая топка (АФТ); 13 — байпас теплоносителя; 14 — циклон теплоносителя; 15 — зольный циклон; 16 — зольный теплообменник; 17 — котел-утилизатор; 18 — шнеки пыли, уловленной электрофильтром; 20 — нагреватель воздуха в АФТ; 21 — нагреватель воздуха котла-утилизатора; 22 — скруббер тяжелого масла (ТМ); 23 — барельет (газосборник); 24 — холодильник-конденсатор ТМ; 25 — емкость ТМ; 26 — ректификационная колонна; 27 — холодильник-конденсатор бензина и подсмольная воды; 28 — сепаратор; 29 — газодувка; 30 — насос ТМ; 31 — холодильник ТМ; 32 — декантатор; 33 — насос очищенного масла; 34 — теплообменник; 35 — насос газотурбинного топлива

Потоки: I — исходный сланец, I' — исходный сланец в потоке сушильного агента; II — сухой сланец; III — теплоноситель (зола); IV — полукокс с теплоносителем; V — парогазовая смесь; VI — зола в потоке дымового газа; VII — дымовой газ на очистку; VIII — воздух; IX — зола на использование; X — тяжелое масло; XI — топочное масло; XII — газотурбинное топливо; XIII — фусы (в смеситель 5); XIV — подсмольная вода; XV — бензиновая фракция; XVI — полукоксый газ с газовым бензином; XVII — очищенный дымовой газ; XVIII — зола, уловленная электрофильтром; XIX — питательная вода; XX — пар

Flow sheet of the SHC-3,000 unit

Equipment: 1 - feed shale conveyor; 2 - drier; 3 - dry shale separator; 4 - dry shale conveyor; 5 - mixer; 6 - rotary drum reactor; 7 - dust removal chamber; 8 - semicoke conveyor; 9 - cyclones; 10 - dust discharge pipe; 11 - dust ejector; 12 - burner; 13 - heat carrier divider; 14 - heat carrier cyclone; 15 - ash cyclone; 16 - ash heat exchanger; 17 - waste heat boiler; 18 - electric precipitator; 19 - dust conveyer; 20 - air blower; 21 - air blower; 22 - heavy oil washing tower; 23 - gas collector; 24 - heavy oil condenser; 25 - heavy oil tank; 26 - rectification tower; 27 - naphtha and tar water condenser; 28 - separator; 29 - gas blower; 30 - heavy oil pump; 31 - heavy oil cooler; 32 - decanter; 33 - decanted oil pump; 34 - heat exchanger; 35 - gas oil pump

Flows: I - feed shale, I' - feed shale mixed with drying agent; II - dry feed shale; III - heat carrier (ash); IV - semicoke and heat carrier; V - oil vapours and gas; VI - ash in flue gas flow; VII - flue gas to cleaning; VIII - air; IX - ash; X - heavy oil; XI - middle oil; XII - gas turbine fuel fraction; XIII - oil sludge (to mixer 5); XIV - tar water; XV - naphtha; XVI - semicoke gas and gas naphtha; XVII - treated flue gas; XVIII - ash; XIX - feed water; XX - steam

При этом надо учесть, что огромная работа по переделкам, усовершенствованию аппаратов, механизмов и технологического процесса и экологических показателей никогда не прекращалась и проводится по сей день.

Освоение агрегатов УТТ-3000 можно разбить на три этапа.

1. **На первом этапе (1980–1984 гг.)**, который по времени совпал с завершением монтажных работ, устранялись выявившиеся при коротких пусках (до одних суток) дефекты и погрешности — главным образом стандартизированного оборудования (за исключением подшипниковых узлов, системы ГЗУ, конструкций футеровки): ленточных транспортеров, газодувок, электрофильтров, насосов тяжелой смолы, багерных насосов и т. п.

2. **На втором этапе (1985–1989 гг.)** устранялись технологические и конструктивные недостатки, проявившиеся при более длительной работе (от одних до нескольких суток). Это касалось в основном нестандартизированного оборудования: шнеков уноса из электрофильтра, системы сухого удаления пыли из циклонов очистки парогазовой смеси, внедрения рецикла газотурбинного топлива и бензина вследствие несоответствия проектным данным по выходам фракций, сжигание некондиционной смолы, скрытых дефектов футеровки и закладных металлических деталей, неудачной работы системы ГЗУ вторых и третьих ступеней циклонов, очистных сооружений и др.

Технологические и аппаратурные дефекты нестандартного оборудования явились следствием значительного масштабного перехода от УТТ-500 к УТТ-3000 (по производительности в 6 раз), и они естественно не могли быть точно смоделированы при проектировании. Однако принципиальных технологических отклонений от принятых значений проекта не было (например, по производительности), и в течение упомянутого периода возникшие вопросы были решены.

3. **Третий этап (с 1990 года и по настоящее время)** характеризуется продолжением мероприятий по усовершенствованию процесса и оборудования, увеличением продолжительности непрерывной работы до 25–30 суток, особым вниманием к экологическим требованиям.

В апреле 1989 г. была создана комиссия по экологической экспертизе энерготехнологической установки и золоотвала Эстонской электростанции. В нее вышли эстонские и российские специалисты. В экологической экспертизе участвовали представители ИХ АН Эстонии, Республиканской СЭС, Нарвского управления охраны природы, «Эстонэнерго», а также ЭНИНа, Саратовского и Ленинградского политехнических институтов, ВНИИГ им. Веденеева, «Ленгипронефтехима» и др.

Рассмотрев представленные документы, анализы и т. п., экспертная комиссия в своем первом разделе решения записала:

«Энерготехнологическая установка УТТ-3000 по переработке мелкозернистого сланца является оригинальной, представляющей большой научный и практический интерес и приемлемой с экологической точки зрения...», в связи с чем ее освоение было предложено продолжить. Были приняты частные и конкретные решения, которые впоследствии были осуществлены.

В целом за истекший период освоения показана работоспособность технологического процесса и основного оборудования УТТ-3000 при сохранении проектных выходов суммарной смолы и полукоксового газа, пропускной способности (производительности) по сланцу в периоды многосуточной непрерывной работы.

При этом в основных технологических аппаратах, таких, как аэрофонтанная сушилка, вращающийся барабанный реактор, технологическая топка, пылеосадительная камера, циклоны: зольные, теплоносителя сухого сланца, а также у газоходов, шнеков и другого оборудования не пришлось менять ни одного характерного размера, а на приводах вращающихся механизмов не пришлось изменять мощностей двигателей.

Оригинальная система уплотнений вращающегося барабанного реактора, впервые опробованная в масштабе УТТ-3000, подтвердила свою надежность и может считаться существенным инженерно-техническим достижением не только для данной технологии.

Примененная на УТТ-3000 транспортно-запорная конструкция шнеков, опробованная при работе в различных температурных условиях (100–500 °С) показала хорошую технологическую работоспособность: ее усовершенствование при освоении касались лишь расстановки подшипниковых опор.

Особым достижением является получение достаточно чистого (от механических примесей) суммарного сланцевого масла и его фракций путем улучшения работы циклонов парогазовой смеси (ПГЗ), размещенных в пылеосадительной камере, за счет применения напорных и эжектирующих стояков. Решение этого вопроса позволило отказаться от центрифугирования тяжелых фракций сланцевого масла и частично от отстоя, что высвободило производственные площадки и оборудование, на которых организованы маломасштабные производства ценных для хозяйства продуктов и сырья (мастика, рубероид, фенолы и т. п.).

Таким образом, технология УТТ-3000 подтвердила свою жизнеспособность и рентабельность. Хотя количество выпускаемого жидкого топлива составляет лишь 6 % от потребляемого республикой, тем не менее это достаточно ощутимый вклад в ее хозяйственную и экономическую структуру.

RESULTS OF EXPLOITING THE SHC-3000 UNIT AT ESTONIAN POWER PLANT

E. VOLKOV, O. POTAPOV, **V. CHIKUL**,
 G. STELMACH, K. YORUDAS, K. SVETLICHNYI,
 K. SENGUCHOV, A. POPOV, A. KAYDALOV,
 B. KINDORKIN, O. CHIKUL

Summary

In Estonian oil shale retorting industry mainly two processes are used for producing oil - "Kiviter" (thermal processing in Kiviter retorts) and "Galoter" (thermal processing using the method of solid heat carrier - SHC). These methods are not competing with each other, on the contrary, they both are needed as in retorts lump shale (>25 mm) and at SHC units shale fines (<25 mm) are processed.

Mastering of the SHC units can be divided into three stages:

(i) **1980-1984.** Parallel to installation work, defects and imperfections discovered during short working periods (up to one day) of mostly standard equipment - belt conveyors, gas blowers, heavy oil pumps, etc. - were corrected.

(ii) **1985-1989.** Correction of defects discovered in technology and construction within a longer working period (up to three days) and mostly related to the non-standard equipment - screw conveyors, system of dry dust removal from cyclone steam-vapour separators, lining, metallic subconstruction details, recycling systems of gas-turbine fraction fuel. The hydraulic ash handling system after the second and third-stage cyclones was improved.

(iii) **Since 1989.** Prolongation of the periods of continuous working (up to 25 days and more) paying particular attention on ecological requirements.

Shale Oil Output And Marketing in 1990-1993

Year	Total operation under designed working conditions, h	Maximum duration of continuous run, days	Amount of processed shale, tonnes	Output of shale oil (ash-free basis), t		
				Total	Marketed in Estonia	Marketed abroad (in the West)
1990	3,100	18	374,074	43,578	6,421	8,852
1991	1,808	15	205,425	23,985	2,194	24,344
1992	2,986	17	308,916	38,581	39,177	—
1993	4,436	25	502,561	65,918	54,479	—
1994			563,977	71,342	76,842*	—

*This number includes a part of the production of the previous year.

The rest of shale oil was used locally in Estonian Power Plant, Baltic Power Plant, in boiler furnaces, as an asphalt binding material at road building, etc.

Now the experience obtained at operating the SHC units is being used at erecting an analogous unit in Slantsy (Russia). A pre-feasibility study has already been made and for 1995 the projection and installation works of a plant with a throughput of 4.5 million tonnes of feed shale per year (five units SHC-3,000) are planned.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. И. Тягунов, В. И. Панов, Г. П. Стельмах. Энерготехнологическое использование горючих сланцев. Энергетическое строительство. 1980. № 4. С. 28—30.
2. Г. П. Стельмах, Б. И. Тягунов, В. И. Чикул, М. З. Гудкин, К. И. Сенчугов. Энерготехнологическая установка для переработки мелкозернистого сланца // Горючие сланцы. 1982. Т. 2, № 2. С. 189—195.

Поступила в редакцию 19.12.94

Received December 19, 1994