

УДК 504.3.054

UDC 504.3.054

05.00.00 Технические науки

Technical Sciences

**АНАЛИЗ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В  
ВЫБРОСАХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЕЧИ  
НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА Г.  
ТУАПСЕ**

**ANALYSIS OF AIR EMISSIONS FROM  
TECHNOLOGICAL FURNACE OF THE OIL  
REFINERY IN TUAPSE**

Горева Яна Алексеевна  
магистрант 20.04.01 Техносферная безопасность  
*Кубанский государственный технологический  
университет, г.Краснодар, Россия*

Goreva Yana Alekseevna  
undergraduate  
*Kuban State Technological University, Krasnodar,  
Russia*

Короткова Татьяна Германовна  
д.т.н., профессор, SPIN-код: 3212-7120  
[korotkova1964@mail.ru](mailto:korotkova1964@mail.ru)  
*Кубанский государственный технологический  
университет, г.Краснодар, Россия*

Korotkova Tatyana Germanovna  
Doct.Tech.Sci., professor, SPIN-code: 3212-7120  
[korotkova1964@mail.ru](mailto:korotkova1964@mail.ru)  
*Kuban State Technological University, Krasnodar,  
Russia*

Сай Юлия Васильевна  
магистрант 20.04.01 Техносферная безопасность  
*Кубанский государственный технологический  
университет, г.Краснодар, Россия*

Sai Yuliya Vasilevna  
undergraduate  
*Kuban State Technological University, Krasnodar,  
Russia*

Сиюхова Белла Батмизовна  
старший преподаватель, SPIN-код: 8926-5622  
*Майкопский государственный технологический  
университет, г.Майкоп, Россия*

Siyukhova Bella Batmizovna  
Senior Lecturer, SPIN-code: 8926-5622  
*Maikop State Technological University, Maikop,  
Russia*

Коблева Мира Мугдиновна  
старший преподаватель, SPIN-код: 9485-5199  
*Майкопский государственный технологический  
университет, г.Майкоп, Россия*

Kobleva Mira Mugdinovna  
Senior Lecturer: SPIN- code: 9485-5199  
*Maikop State Technological University, Maikop,  
Russia*

Приведены особенности введенной в эксплуатацию в 2013 г. на Туапсинском нефтеперерабатывающем заводе установки первичной переработки нефти ЭЛОУ-АВТ-12. Установка предназначена для обезвоживания и обессоливания нефти. Проанализированы: трубчатая печь Н-1001/1,2 для нагрева отбензиненной нефти и печь Н-2001/1,2,3,4, предназначенная для нагрева прямогонного мазута. Трубчатые печи ЭЛОУ являются одним из основных источников загрязнения воздуха. Выполнен количественный химический анализ газовых выбросов печи ЭЛОУ АВТ. Определено процентное содержание компонентов O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO в выбросах. Установлено, что содержание оксида углерода в выбросах менее 0,05%, что соответствует нормам. Среднее содержание азота составляет 80%, что также соответствует нормативным показателям

The peculiarities of the Tuapse refinery installation of primary oil refining ELOU-AVT-12 commissioned in 2013 were shown. The device is intended for dehydration and desalting of oil. Analyzed: tube furnace N-1001/1,2 for heating oil and oven N-2001/1,2,3,4, for heating the distilled fuel oil. Tube furnace ELOU is one of the main sources of air pollution. We have performed quantitative chemical analysis of gas emissions furnace ELOU AVT and determined percentage of components O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO in the emissions. The content of carbon monoxide in emissions was less than 0.05%, which corresponds to the standards. The average nitrogen content is 80%, which also corresponds to standard indicators

Ключевые слова: ПЕРВИЧНАЯ ПЕРЕРАБОТКА НЕФТИ, ЭЛЕКТРООБЕЗВОЖИВАЮЩАЯ И ЭЛЕКТРООБЕССОЛИВАЮЩАЯ УСТАНОВКА, ГАЗОВЫЕ ВЫБРОСЫ

Keywords: PRIMARY OIL REFINING, ELECTRO DEHYDRATE AND ELECTRIC DESALTING PLANT, GAS EMISSIONS

**Doi: 10.21515/1990-4665-124-084**

Особенностью нефтеперерабатывающего завода (НПЗ) является получение разнообразной продукции из исходного нефтяного сырья. К основным технологическим процессам переработки нефти относятся: подготовка нефти, ее обезвоживание и обессоливание; атмосферная и вакуумная перегонка; деструктивная переработка (крекинг, гидрогенизация, изомеризация); очистка светлых продуктов и получение и очистка масел [1].

На НПЗ нефть подвергают глубокой очистке до содержания солей менее 5 мг/л и воды менее 0,1 % мас. Это производится на комбинированной электрообезвоживающей и электрообессоливающей установке – ЭЛОУ АВТ (атмосферно-вакуумная трубчатка). Технология глубокой перегонки нефти включает две стадии: атмосферную перегонку и перегонку под вакуумом мазута с отбором газойлевых фракций и в остатке гудрона.

На Туапсинском НПЗ в 2013 г. введена мощная российская установка первичной переработки нефти ЭЛОУ-АВТ-12. В 2012 г. В рамках контракта, заключенного между ОАО «Ижорские заводы» и ООО «РН-Туапсинский НПЗ» (входит в структуру НК «Роснефть»), в 2010 г. было изготовлено шесть тяжеловесных емкостных аппаратов, предназначенных для глубокой переработки нефти и получения высококачественного топлива стандарта Евро5. На церемонии пуска ЭЛОУ-АВТ-12 присутствовал Президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин. Президент ОАО «НК «Роснефть» Игорь Иванович Сечин отметил, что это уникальная установка, аналогов которой нет в нашей стране, а всего в мире существует шесть установок с такой производительностью [2].

На установке ЭЛОУ-АВТ-12 предусмотрена трубчатая печь Н-

1001/1,2 для нагрева отбензиненной нефти (рисунок 1), установленная перед атмосферной колонной Т-1002.





Рисунок 1 – Печь технологическая ЭЛОУ-АВТ-12

Печь состоит из двух секций. Секция 2 является зеркальным отображением секции 1. Печь является радиантно-конвективной, коробчатой со встроенным пароперегревателем и с вертикальным расположением труб радиантного змеевика и горизонтальным расположением конвективного змеевика. Предусмотрен верхний отвод дымовых газов в дымоход.

Радиантная камера оснащена вертикальной системой змеевиков. Трубы расположены на опорах, на поде и на подвесках, которые закреплены на стенах печи. Это способствует обеспечению заданной структуры теплового потока и равномерности температуры в пределах периметра труб. Конвективный змеевик каждой камеры печи изготовлен из оребренных труб, размещенных в шахматном порядке. Первые три ряда труб выполнены гладкими для защиты оребренных труб от прямой радиации. Змеевик пароперегревателя каждой камеры печи расположен в камере конвекции в рассечку с сырьевым змеевиком и является горизонтальным и однопоточным. Восемнадцать дутьевых газовых горелок размещены в поде печи для ее нагрева.

Каждая секция печи включает четыре блока, из которых один радиантный блок и три конвективных камеры. На каждой секции печи установлены три шиберы с пневмоприводами, с ручным и автоматическим управлением. Продукты сгорания проходят радиантные и конвективные камеры и направляются по дымоходам в воздухоподогреватель и далее в отдельно стоящую дымовую трубу.

Облицовка внутренней поверхности печи (боковые стены и своды камер радиации) выполнена химически стойкими и теплоизоляционными матами из керамического волокна с плотностями равными  $96 \text{ кг/м}^3$ ,  $128 \text{ кг/м}^3$ ,  $160 \text{ кг/м}^3$ . Остальная футеровка изготовлена из жаростойкого бетона на глиноземистом цементе. Ретурбентные камеры конвекции теплоизолированы матами минераловатными прошивными. Перекидки между камерами конвекции и радиации облицованы муллитокремнеземистым войлоком и покрыты оцинкованным листом. Муллитокремнеземистый войлок изготовлен из волокон муллитокремнеземистого состава, полученного плавкой в электрической печи чистых оксидов алюминия и кремния с последующим образованием волокна методом раздува. Для придания материалу прочности и упругости в волокна добавлено связующее. Температурные швы забиты муллитокремнеземистой ватой.

Структура футеровки:

- под радиантной камеры            250 мм;
- стены радиантной камеры        150 мм;
- свод                                        200 мм;
- камера конвекции                    150 мм;
- газосборник                            100 мм;
- переходник                            75 мм.

Режим сушки футеровки включает: сушку технологическими горелками печи при обязательной циркуляции теплоносителя через

змеевики печи; бетон на глиноземистом цементе для достижения проектной прочности выдержан в течение 3 суток от начала сушки; подъем температуры в печи в строгом соответствии с графиком режима сушки футеровки; контроль режима сушки по технологическим термопарам, установленным на выходе из камеры радиации (на перевале).

Каркас печи включает в себя лестницы, стремянки для технического обслуживания элементов печи, приборов КИПиА, шиберов, змеевиков, смотровых люков для контроля и регулировки пламени горелок, предохранительные взрывные окна. На случай аварийных ситуаций предусмотрена система пожаротушения: паровая завеса печи, подача пара в камеру печи, подача пара в змеевики печи.

Печь Н-2001/1,2,3,4 предназначена для нагрева прямогонного мазута колонны Т-1002, направляемого в вакуумную колонну Т-2001. Печь состоит из четырех секций. Секции 1 и 3 одинаковые, а секции 2 и 4 являются их зеркальным отражением. Трубчатая печь установлена на открытой площадке, является радиантно-конвективной, узкокамерной, коробчатой с горизонтальным расположением труб радиантного и конвективного змеевиков со встроенным пароперегревателем и с верхним отводом дымовых газов в дымоход.

Продукты сгорания проходят радиантные и конвективные камеры и направляются по дымоходам в воздухоподогреватель и далее в отдельно стоящую дымовую трубу, представленную на рисунке 2.



Рисунок 2 – Дымовая труба технологической установки

Радиантная камера имеет горизонтальную систему змеевиков. Трубы расположены на подвесках, закрепленных на стенах печи. Тем самым обеспечивается заданная структура теплового потока и хорошая равномерность температуры в пределах периметра труб и максимальная занятость радиантного пространства печи трубами. Конвективный змеевик секции печи выполнен горизонтальным, двухпоточным, из оребренных труб, размещенных в шахматном порядке. Змеевик пароперегревателя секции печи расположен в камере конвекции в рассечку с сырьевым змеевиком и также выполнен горизонтальным и однопоточным.

Нагрев печи осуществляется с помощью размещенных в поде печи десяти дутьевых горелок с принудительной подачей подогретого воздуха от системы воздухоподогрева печи Н-2001/1,2,3,4. Продукты сгорания проходят радиантные и конвективные камеры и направляются по дымоходам в воздухоподогреватель и далее в отдельно стоящую дымовую трубу. На каждой секции печи установлено по одному шиберу с пневмоприводом, с ручным и автоматическим управлением.

Боковые стены и своды камер радиации облицованы матами из керамического волокна с плотностями равными 96 кг/м<sup>3</sup>, 128 кг/м<sup>3</sup>, 160 кг/м<sup>3</sup>. Вся остальная футеровка выполнена из жаростойкого бетона на глиноземистом цементе. Ретурбентные камеры конвекции теплоизолированы матами минераловатными прошивными. Перекидки между камерами конвекции и радиации облицованы муллитокремнеземистым войлоком и покрыты оцинковочным листом. Структура футеровки, режим сушки футеровки, каркас печи и система пожаротушения аналогичны рассмотренным выше.

Обезвоженная и обессоленная на установке ЭЛОУ АВТ нефть нагревается и разделяется на фракции в ректификационных колоннах.

Трубчатые печи, не герметичность технологического оборудования (неорганизованные источники) являются основными источниками загрязнения воздуха. При сжигании жидкого или газообразного топлива в составе продуктов горения содержатся углеводороды, сажа, оксиды азота, оксид углерода, бенз(а)пирен, сероводород и т.д. Перечень загрязняющих веществ от дымовых газов технологических печей АВТ, значения их предельно допустимых концентраций (ПДК), класс опасности и выбросы (г/сек, т/год) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу от технологических печей АВТ

| Наименование загрязняющего вещества | Код загрязняющего вещества | ПДК <sub>м.р.</sub> , мг/м <sup>3</sup> | ПДК <sub>с.с.</sub> , мг/м <sup>3</sup> | ОБУВ мг/м <sup>3</sup> | Класс опасности | Выбросы загрязняющих веществ |             |
|-------------------------------------|----------------------------|---|---|------------------------|-----------------|------------------------------|-------------|
|                                     |                            |   |   |                        |                 | г/сек                        | т/год       |
| Азота диоксид                       | 0301                       | 0,2                                     | 0,04                                    | -                      | 3               | 13,8676                      | 141,2743    |
| Азота оксид                         | 0304                       | 0,4                                     | 0,06                                    | -                      | 3               | 3,3696                       | 35,0936     |
| Углерода оксид                      | 0337                       | 5,0                                     | 3,00                                    | -                      | 4               | 19,4864                      | 262,0162    |
| Серы диоксид                        | 0330                       | 0,5                                     | 0,05                                    | -                      | 3               | 8,8614                       | 107,0010    |
| Бенз(а)пирен                        | 0703                       | -                                       | 1,000                                   | -                      | 1               | 0,00000936                   | 0,0000793   |
| Сажа                                | 0328                       | 0,15                                    | 0,05                                    | -                      | 3               | 0,8811                       | 5,8854      |
| Всего                               | -                          | -                                       | -                                       | -                      | -               | 46,46610936                  | 551,2705793 |

Примечание – ПДК<sub>м.р.</sub> – предельно допустимая концентрация максимальная разовая; ПДК<sub>с.с.</sub> – предельно допустимая концентрация среднесуточная; ОБУВ –

ориентировочный безопасный уровень воздействия вещества.

Анализ атмосферного воздуха в выбросах печи (таблицы 2 и 3) выполнен по методике ПНД Ф 13.1:2.22-98 «Количественный химический анализ атмосферного воздуха и выбросов в атмосферу. Методика выполнения измерений объемных долей водорода, кислорода, азота, метана, оксида и диоксида углерода в воздухе рабочей зоны и промышленных выбросах методом газовой хроматографии». По данной методике проводится определение объемной доли водорода, кислорода, азота, метана, оксида и диоксида углерода в воздухе рабочей зоны и промышленных выбросах (дымовых газах нагревательных печей, выбросах газомоторных компрессоров, реакторов каталитических процессов и т.п.).

Диапазон измерений объемной доли определяемых компонентов, %:

|                  |                    |
|------------------|--------------------|
| водород          | от 0,1 до 1,0 вкл. |
| кислород         | от 1,0 до 21 вкл.  |
| азот             | от 70 до 90 вкл.   |
| метан            | от 0,05 до 10 вкл. |
| оксид углерода   | от 0,05 до 10 вкл. |
| диоксид углерода | от 0,3 до 5,0 вкл. |

Таблица 2 – Условия испытаний (замер 1) 12.10.2016 г.

| Место отбора                  | ЭЛОУ-АВТ-12, труба печи |                    |       |                                 |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------|-------|---------------------------------|
| Способ отбора пробы           | шприц                   |                    |       |                                 |
| Температура                   | 21,6 °С                 |                    |       |                                 |
| Атмосферное давление          | 759 мм рт ст            |                    |       |                                 |
| Влажность                     | 55 %                    |                    |       |                                 |
| Метод отбора проб             | ПНД Ф 12.1.1-99         |                    |       |                                 |
| Методика выполнения измерений | ПНД Ф 13.1:2.22-98      |                    |       |                                 |
| Наименование точки отбора     | O <sub>2</sub> , %      | N <sub>2</sub> , % | CO, % | Коэффициент избытка воздуха (α) |
| Н-1001/1                      | 5,25±0,89               | 78,92±13,4         | <0,05 | 1,33                            |
| Н-1001/2                      | 5,36±0,91               | 79,37±13,5         | <0,05 | 1,34                            |
| Н-2001/1                      | 9,24±1,57               | 79,16±12,9         | <0,05 | 1,84                            |
| Н-2001/2                      | 9,79±1,66               | 76,20±13,0         | <0,05 | 1,93                            |
| Н-2001/3                      | 9,48±1,61               | 75,95±12,9         | <0,05 | 1,88                            |
| Н-2001/4                      | 8,06±1,37               | 76,73±13,0         | <0,05 | 1,65                            |

Таблица 3 – Условия испытаний (замер 2) 19.10.2016 г.

| Место отбора                  |                    | ЭЛОУ-АВТ-12, труба печи |       |                                 |
|-------------------------------|--------------------|-------------------------|-------|---------------------------------|
| Способ отбора пробы           |                    | шприц                   |       |                                 |
| Температура                   |                    | 22,0 °С                 |       |                                 |
| Атмосферное давление          |                    | 765 мм рт ст            |       |                                 |
| Влажность                     |                    | 38 %                    |       |                                 |
| Метод отбора проб             |                    | ПНД Ф 12.1.1-99         |       |                                 |
| Методика выполнения измерений |                    | ПНД Ф 13.1:2.22-98      |       |                                 |
| Наименование точки отбора     | O <sub>2</sub> , % | N <sub>2</sub> , %      | СО, % | Коэффициент избытка воздуха (α) |
| Н-1001/1                      | 5,22±0,89          | 81,08±13,8              | <0,05 | 1,32                            |
| Н-1001/2                      | 5,83±0,99          | 80,16±13,6              | <0,05 | 1,38                            |
| Н-2001/1                      | 6,33±1,08          | 78,03±13,3              | <0,05 | 1,44                            |
| Н-2001/2                      | 7,06±1,20          | 78,80±13,4              | <0,05 | 1,51                            |
| Н-2001/3                      | 6,28±1,07          | 79,13±13,5              | <0,05 | 1,43                            |
| Н-2001/4                      | 3,70±0,63          | 79,85±13,6              | <0,05 | 1,21                            |

Анализ результатов количественного химического состава (таблицы 2 и 3) показал, что содержание оксида углерода в выбросах менее 0,05 %, что соответствует нормам. Оксид углерода (угарный газ) попадает в атмосферный воздух при любых видах горения. Он обладает способностью активно связываться с гемоглобином, образуя карбоксигемоглобин, и блокирует передачу кислорода тканевым клеткам. Это приводит к гипоксии. Оксид углерода нарушает биохимическое равновесие в тканях. Азот относится к инертным газам. И хотя не является токсичным, но когда его больше 84 %, то люди не могут действовать адекватно. А при концентрации азота в 94 % смерть вероятна через несколько вдохов [3].

Вывод. Количественный химический анализ выбросов печи ЭЛОУ АВТ показал, что содержание компонентов O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, СО в выбросах соответствует нормативным показателям.

### Список литературы

1. Бондалетова Л.И. Промышленная экология: учеб. пособие / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 247 с.

2. Ввод в эксплуатацию на Туапсинском НПЗ самой мощной российской установки первичной переработки нефти ЭЛОУ-АВТ-12 [Электронный ресурс].– Режим доступа: [http://www.omz-izhora.ru/about/proekty-sobytiya-daty/?ELEMENT\\_ID=687](http://www.omz-izhora.ru/about/proekty-sobytiya-daty/?ELEMENT_ID=687) (дата обращения: 3.12.2016).

3. Азот–опасность и защита  
<http://sache.org/beacon/files/2012/06/ru/read/2012-06-Beacon-Russian-s.pdf>

### References

1. Bondaletova L.I. Promyshlennaya ekologiya: ucheb. posobie / L.I. Bondaletova, V.G. Bondaletov. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2008. – 247 s.

2. Vvod v ekspluatatsiyu na Tuapsinskom NPZ samoy moshchnoy rossiyskoy ustanovki pervichnoy pererabotki nefiti ELOU-AVT-12 [Elektronnyy resurs].– Rezhim dostupa: [http://www.omz-izhora.ru/about/proekty-sobytiya-daty/?ELEMENT\\_ID=687](http://www.omz-izhora.ru/about/proekty-sobytiya-daty/?ELEMENT_ID=687) (data obrashcheniya: 3.12.2016).

3. Azot–opasnost i zashchita  
<http://sache.org/beacon/files/2012/06/ru/read/2012-06-Beacon-Russian-s.pdf>