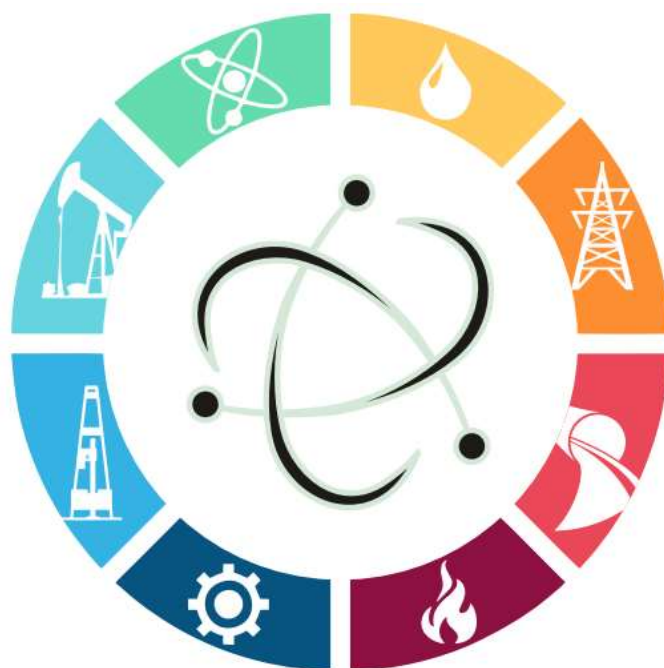


**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**  
**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**  
**ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«АЛЬМЕТЬЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ИНСТИТУТ»**

**Сборник материалов**  
**Международной научно-практической конференции**

**ДОСТИЖЕНИЯ, ПРОБЛЕМЫ**  
**И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**  
**НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

**Том III**



**25-28 октября 2017 г.**  
**г. Альметьевск**

УДК 001  
Д - 70

Материалы Международной научно-практической конференции «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли». – Альметьевск: Альметьевский государственный нефтяной институт. – 2018. Т.3. – 468 с.

Ответственный редактор: Гуськова И.А. – д.т.н.

Редакционная коллегия:

Хузина Л.Б. – д.т.н.

Алиев М.М. – д.т.н.

Бурханов Р.Н. - к.г-м.н.

Двояшкин Н.К. – д.ф.-м.н.

Нурбосынов Д.Н. - д.т.н.

Ситдикова И.П. – к.т.н.

Бикбулатова Г.И. – к.т.н.

Садыкова Р.Ш. - д.э.н.

Гумерова Д.М. – начальник НИО

Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли. 2017.

Сборник включает материалы Международной научно-практической конференции «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли», проходившей 25–28 октября 2017 г. в г. Альметьевск. В сборник III тома вошли секционные доклады по направлениям «Энергетические системы и комплексы в нефтегазовой отрасли», «Экономика и управление в нефтяной и газовой промышленности».

Печатается по решению Ученого Совета АГНИ

УДК 001  
Д-70

ISBN 978-5-94454-032-4

© ГБОУ ВО «Альметьевский государственный  
нефтяной институт», 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ 5. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

|                                                                                                                                                                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>К.Р. Бахтеев, Ш.Р. Бахтеев</b> ПРИМЕНЕНИЕ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ .....                                                                                                                                                     | 7   |
| <b>В.В. Кунеевский, Р.И. Вахитова</b> РАСШИРИТЕЛЬНЫЙ БАК МЕМБРАННОГО ТИПА .....                                                                                                                                                                                   | 13  |
| <b>А.И. Федотов, Г.В. Вагапов, Н.В. Чернова</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-35КВ .....                                                                                                           | 16  |
| <b>А.Е. Савенко, С.Е. Савенко</b> УСТРАНЕНИЕ ОБМЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ МОЩНОСТИ В АВТОНОМНЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ .....                                                                                                                                         | 22  |
| <b>Т.И. Петров, Р.У. Галеева, А.Р. Сафин, Л.В. Долломанюк</b> КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ .....                                                                                                                           | 27  |
| <b>В.Б. Оснос, В.В. Кунеевский, Р.И. Вахитова</b> УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ .....                                                                                                                                                                       | 32  |
| <b>А.Р. Сафин, И.В. Ившин, А.Н. Цветков, А.М. Копылов, Р.Р. Гибадуллин, Л.В. Долломанюк</b> РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА ЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ БЕСШТАНГОВОГО ПОГРУЖНОГО НАСОСНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТЯЖЕЛЫХ УСЛОВИЙ НЕФТЕДОБЫЧИ .....                  | 34  |
| <b>В.Р. Фатыхов, А.Р. Садриев</b> ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ НА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ПОДГОТОВКИ НЕФТИ В НГДУ «ПРИКАМНЕФТЬ» .....                                                                                                                      | 38  |
| <b>Д.Н. Нурбосынов, Т.В. Табачникова А.В. Шарыгин</b> АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТИРИСТОРНЫМИ КЛЮЧАМИ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПОД НАГРУЗКОЙ .....                                                                                                                     | 43  |
| <b>А.В. Юмалин, И.Л. Хамидуллин, Т.В. Табачникова</b> КОМБИНИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ МЕСТА ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПРОМЫСЛОВОЙ ПОДСТАЦИИ 6-10 КВ .....                                            | 47  |
| <b>Д.Н. Нурбосынов, Е.В. Рюмин, Д.А. Детистов</b> КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ СИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ПРИ РАБОТЕ В РЕЖИМЕ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ .....                                                                | 52  |
| <b>Т.В. Табачникова, Рамиль Ф. Баширов, Раиль Ф. Баширов, А.В. Махт, Д.Н. Нурбосынов</b> ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ ЦЕПНОГО ПРИВОДА ШТАНГОВОЙ СКВАЖИННОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ .....                                                                                 | 56  |
| <b>И.Р. Тазеев, А.Е. Кондратьев</b> ДОРЕЗОНАНСНЫЙ СТАНОК ДЛЯ БАЛАНСИРОВКИ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....                                                                                                                                      | 60  |
| <b>О.С. Попкова, А. И. Файзуллина, П.В. Медведева</b> РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ГОРЕНИЯ ЖИДКОГО ТОПЛИВА .....                                                                                                                                            | 63  |
| <b>Р.И. Гарифуллин, Ф.А. Иванов, Д.Н. Нурбосынов, Т.В. Табачникова</b> РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ И ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДОБЫВАЮЩЕЙ СКВАЖИНЫ С ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫМ НАСОСОМ И ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ПОГРУЖНОЙ КОМПЕНСИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКОЙ ..... | 68  |
| <b>А.Д. Махт, Э.Д. Нурбосынов, Л.В. Швецова, Т.В. Табачникова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ ПОВЕРХНОСТНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВИНТОВОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН .....                                                                          | 73  |
| <b>М.А. Шамис, Ф.А. Иванов, А.А. Волошин, Б.А. Сафронов, Д.Н. Нурбосынов, Т.В. Табачникова</b> СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ УСТРОЙСТВ РЗА НА БАЗЕ СИМУЛЯТОРА ЭНЕРГОСИСТЕМ PSCAD .....                                                                                       | 77  |
| <b>Е.А. Атанов</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ОШИПОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ ПЕЧИ ПОДОГРЕВА ТОВАРНОЙ НЕФТИ .....                                                                                                                                                        | 81  |
| <b>О.А. Булатов</b> АНАЛИЗ ЗАМЕРОВ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПОСЛЕ УСТАНОВКИ ВОЛЬТОДОБАВОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА .....                                                                                                                                     | 86  |
| <b>Р.И. Вахитова</b> О ЗНАЧЕНИИ ИЗУЧЕНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА В УСТАНОВКАХ ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ .....                                                                                                                                                         | 90  |
| <b>В.Э. Зинуров, А.В. Дмитриев</b> СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СЖИГАНИИ МАЗУТА НА ТЭЦ .....                                                                                                                                                             | 93  |
| <b>Д.Н. Нурбосынов, Е.В. Рюмин, Д.А. Детистов</b> КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ СИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ПРИ РАБОТЕ В РЕЖИМЕ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ .....                                                                | 95  |
| <b>О.А. Гаврина, Р.В. Клюев, Р.А.В. Турлуев</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ РС-О-АЛЕНИЯ .....                                                                                                        | 99  |
| <b>А.В. Дмитриев, В.Э. Зинуров, К.А. Колесников</b> ОХЛАЖДЕНИЕ МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ .....                                                                                                                | 104 |
| <b>И.А. Махиянов, Н.В. Денисова</b> ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА В НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ .....                                                                                        | 106 |
| <b>И.А. Махиянов, Н.В. Денисова</b> ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПУТЕМ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ .....                                                                                                                                        | 108 |
| <b>И.А. Махиянов, Н.В. Денисова</b> ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НГДУ .....                                                                                                                                    | 111 |
| <b>Р.С. Зарипова, Х.Ф. Хафизов</b> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УДАЛЁННОГО МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....                                                                                                                                      | 114 |
| <b>В.В. Афанасьев, Р.С. Зарипова</b> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО СЧЕТЧИКА УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПОНЕНТОВ ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ .....                                                                                                               | 119 |

## **РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ГОРЕНИЯ ЖИДКОГО ТОПЛИВА**

CALCULATION OF PARAMETERS FOR EFFECTIVE BURNING OF LIQUID FUEL

**О.С. Попкова, А.И. Файзуллина, П.В. Медведева**

(O.S. Popkova, A.I. Faizullina, P.V. Medvedeva)

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования «Казанский государственный  
энергетический университет»**

(Federal State Budget Educational Institution of Higher Education  
«Kazan state power engineering university»)

Приведен расчет горения жидкого топлива, в котором определяется расход воздуха на горение топлива, затем количество и состав продуктов горения – дымовых газов, образующихся в результате горения топлива и температура дымовых газов.

The calculation of the combustion of liquid fuel in which the air consumption for burning the fuel is determined, and then the amount and composition of the combustion products - the flue gases resulting from combustion of the fuel and the temperature of the flue gases.

**Ключевые слова:** *топливо, продукты сгорания, теплотехника.*

**Key words:** *fuel, combustion products, heat engineering.*

Продукты сгорания оказывают определяющее влияние на энергетические и экономические показатели различных теплотехнических установок. Однако помимо этих продуктов при сгорании образуется и ряд других веществ, которые вследствие их малого количества не учитываются в энергетических расчетах, но определяют экологические показатели топок, печей, тепловых двигателей и других устройств современной теплотехники.

В первую очередь к числу экологически вредных продуктов сгорания следует отнести так называемые токсичные газы. Токсичными являются вещества, оказывающие негативные воздействия на организм человека и окружающую среду. Основными токсичными веществами являются оксиды азота NO, оксид углерода CO, различные углеводороды CH, сажа и соединения, содержащие свинец и серу.

Промышленные виды топлива горят в результате химических реакций окисления их горючей части кислородом воздуха. Поэтому первой задачей расчета горения является определение расхода воздуха на горение топлива. Затем определяют количество и состав продуктов горения – дымовых газов, образующихся в результате горения топлива, и, наконец, находят температуру дымовых газов.

Первый этап этих расчетов – определение расхода кислорода. Расход кислорода рассчитывают исходя из стехиометрических соотношений реакций окисления отдельных компонентов горючей части топлива, их атомных и молекулярных масс, где для жидкого топлива эти расчеты ведут по соотношениям массы веществ. Отношение действительного расхода воздуха  $G_d$  к теоретическому  $G_m$  называют коэффициентом избытка воздуха и обозначают буквой  $\alpha$ :

$$\alpha = G_d / G_m \quad (1)$$

Значение  $\alpha$  зависит от вида топлива и степени совершенства топочного устройства. Наибольшая полнота смешения с воздухом достигается у газового топлива. Поэтому его можно сжечь с минимальным избытком воздуха:  $\alpha = 1,05 \dots 1,1$ . Мазут при сжигании распыляют специальными форсунками, что обеспечивает образование развитой поверхности взаимодействия диспергированных капель мазута с воздухом. Однако даже в тонкодиспергированном мазуте не удастся достичь идеального (молекулярного) смешения его капель с воздухом. Поэтому для сжигания мазута требуется повышенный избыток воздуха:  $\alpha = 1,1 \dots 1,2$ . Несколько больший избыток воздуха необходим при сжигании пылевидного топлива –  $\alpha = 1,2 \dots 1,25$ . Наименее развитая поверхность взаимодействия с воздухом образуется при сжигании твердого кускового топлива. Поэтому здесь избытки воздуха значительны:  $\alpha = 1,4 \dots 1,8$ .

Далее при расчете горения топлива определяют количество и состав дымовых газов, образующихся в результате этого процесса. Они также получаются из стехиометрических соотношений реакций взаимодействия горючих составных частей топлива с кислородом воздуха с учетом закона равенства массы реагирующих веществ и продуктов реакции. В составе и количестве дымовых газов, естественно, учитывается (к продуктам реакции плюсятся) избыточный кислород, весь азот и влага, вовлеченная с воздухом.

Третьим этапом расчета горения является определение температуры горения топлива и требуемого избытка воздуха. Различают теоретическую (калориметрическую) и практическую температуры горения топлива. Максимальная калориметрическая температура развивается при сжигании топлива с  $\alpha = 1$ . Эту характеристику Д.И. Менделеев называл жаропроизводительностью топлива.

В большинстве случаев топливо не сгорает до полной степени окисления его горючих составных частей – в дымовых газах наряду с  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  появляются продукты неполного сгорания  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$  с соответствующим понижением тепловых эффектов процесса горения. Вследствие этого появляются потери тепла от химического недожога топлива. Затем часть тепла теряется через ограждающие конструкции топочного устройства [2].

Кроме потерь тепла, часть его передается нагреваемому материалу непосредственно так называемой прямой отдачей, т.е. излучением, минуя нагрев дымовых газов, температура которых и по этой причине не может превосходить температуры горения  $t_n$  всегда ниже калориметрической  $t_k$  (теоретической). Факторы, которые обуславливают снижение теоретической температуры горения топлива при его сжигании в котельных и промышленных тепловых установках, учитывают калориметрическим коэффициентом  $\eta_k$ .

$$t_n = t_k \cdot \eta_k \quad (2)$$

Для топок паровых котлов в зависимости от степени экранирования поверхности нагрева котла  $\eta_k$  колеблется в пределах 0,15...0,5.

Калориметрическую температуру горения топлива с приемлемой для инженерных расчетов точностью определяют из уравнения теплового баланса горения 1кг твердого или жидкого топлива:

$$Q_H^p + V_B^0 \cdot C_B \cdot t_B \cdot \alpha + C_m t_m = V_D^0 \cdot C_D \cdot t_k \cdot \alpha \quad (3)$$

где:  $Q_H^p$  – низшая теплотворность топлива, кДж/кг;  $V_B^0$  – теоретический расход воздуха на горение 1кг топлива, м<sup>3</sup>/кг;  $C_B$  – теплоемкость воздуха,  $C_B=1,3$  кДж/м<sup>3</sup> С;  $t_B$  – температура воздуха, поступающего на горение топлива, С;  $t_m$  – температура топлива, поступающего на горение;  $C_m$  – теплоемкость топлива;  $V_D^0$  – теоретическое количество продуктов горения от сжигания 1кг топлива, нм<sup>3</sup>/кг;  $C_D$  – теплоемкость дымовых газов. Для проектных расчетов допустимо пользоваться приближенными формулами:

$$C_D = 0,25 + 0,000014t_D \quad (4)$$

$$C_D = 0,323 + 0,000018t_D \quad (5)$$

где:  $t_D$  – температура продуктов горения (дымовые газы), С.

Практически подогревают перед сжиганием только мазут. Твердое топливо и природный газ не подогревают и, следовательно, в этих случаях величиной  $C_m \cdot t_m$  можно пренебречь. Если уравнением (3) пользуются для определения калориметрической температуры горения топлива  $t_k$ , то поскольку от  $t_k$  зависит и  $C_D$ , это уравнение решают методом последовательного приближения.

Уравнением (3) можно воспользоваться для двух целей: если по условию задания известна требуемая практическая температура в печи  $t_n$ , то предварительно рассчитав по уравнению (2) калориметрическую температуру  $t_k$ , определяют затем по уравнению (3) необходимый избыток воздуха, решая уравнение (3) относительно  $\alpha$ . Если же, наоборот, заданной величиной является коэффициент избытка воздуха

$\alpha$ , обусловленный видом топлива и типом топочного устройства, то из уравнений (2), (3) определяют возможную температуру пламени  $t_n$ . Уравнение (3) указывает также возможные пути повышения калориметрической температуры  $t_k$ . Это снижение избытка воздуха и подогрев воздуха, используемого на горение топлива, а также подогрев жидкого топлива. Уравнение (3) показывает, что повышение практической температуры горения достижимо, прежде всего, за счет снижения тепловых потерь.

Рассмотрим расчет горения малосернистого мазута, сжигаемого в выносной топке.

Исходные данные:

1. Состав мазута по справочным данным на рабочую массу (%):

$C^P=85,3$ ;  $H^P=10,2$ ;  $N^P=0,3$ ;  $O^P=0,4$ ;  $S^P=0,5$ ;  $W^P=3$ ;  $A^P=0,3$ .

2. Влагосодержание воздуха, согласно климатологическим таблицам и  $I-d$  диаграмме,  $d=10$ г на 1кг сухого воздуха.

3. Требуемая практическая температура горения  $t_n=1050$ С.

ОПРЕДЕЛИТЬ: количество, влагосодержание, энтальпию дымовых газов и расход воздуха на горение топлива.

РЕШЕНИЕ: Практически для повышения степени химической полноты горения в процесс вводят некоторое избыточное количество воздуха, характеризующее коэффициентом избытка воздуха. Его значения рассчитывают из теплового баланса процесса горения 1кг топлива, имея в виду необходимость достижения требуемой практической температуры горения топлива. Приводим уравнение теплового баланса процесса горения 1кг топлива:

$$Q_H^p + L_B^0 \cdot C_B \cdot t_B \cdot \alpha + C_m t_m = L_D^0 \cdot C_D \cdot t_k \cdot \alpha, \quad (3)$$

где:  $Q_H^p$  – низшая теплота сгорания 1кг топлива (для мазута по справочным данным  $Q_H^p = 41\,450$  кДж/кг);  $L_B^0$  – теоретический расход воздуха на горение 1 кг топлива;  $L_B^0 = 1358,9:100=13,59$ кг/кг;  $C_B$  – теплоемкость воздуха по массе по справочным данным  $C_B=1,005$  кДж/(кг С);  $t_B$  – температура воздуха, принимаем  $t_B=100$ С (при сжигании мазута воздух обязательно подогревают до 100...150 С. При сжигании топлива в печах также часто используют подогретый воздух из зоны остывания печей);  $t_m$  – температура топлива, принимаем  $t_m=100$  С (мазут подогревают до 80...100 С для обеспечения необходимой дисперсности капель);  $C_m$  – теплоемкость топлива (мазута) определяют по формуле:

$$\begin{aligned} C_m &= 1,74 + 0,00252 t_T, \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}); \\ C_m &= 1,74 + 0,00252 \cdot 100 = 1,992 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}); \end{aligned} \quad (6)$$

где:  $L_d^0$  – теоретическое количество продуктов горения 1кг топлива.  
Согласно расчету горения,  $L_d^0 = 1458,58:100=14,6$  кг на 1 кг топлива;  $t_k$  – калориметрическая температура горения, °С.

Её находят по формуле:

$$t_k = t_{\Pi} / \eta_k, \quad (2)$$

где  $t_{\Pi}$  – требуемая практическая температура горения, назначаемая по условиям технологии. Для нашего расчета  $t_{\Pi}=1050$  С;  $\eta_k$ – калориметрический коэффициент процесса горения (коэффициент прямой отдачи). Для топочных устройств можно принимать  $\eta_k=0,9$ .

$$\text{Тогда: } t_k = \frac{1050}{0,9} = 1170 \text{ } ^\circ\text{С};$$

Для проектных расчетов допустимо также пользоваться приближенной формулой теплоемкости дымовых газов по массе (кДж/(кг С)):

$$C_d = 1,05 + 0,0006t_d, \quad (4)$$

$C_d$ –теплоемкость продуктов горения по массе (дымовых газов). Она может быть подсчитана как средневзвешенная теплоемкость газовой смеси по известным формулам термодинамики.

Принимая в нашем случае  $t_k=t_d=1170$  С, получаем:

$$C_d = 1,05 + 0,0006 \cdot 1170 = 1,115 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}).$$

Из уравнения (3) находим:

$$\alpha = \frac{Q_{\Pi}^p + t_{\Gamma} \cdot C_{\Gamma}}{L_d^0 \cdot C_d \cdot t_k - L_B^0 \cdot C_B \cdot t_B} = \frac{41450 + 100 \cdot 1,992}{14,6 \cdot 1170 \cdot 1,115 - 13,59 \cdot 1,005 \cdot 100} = 2,3.$$

При этом избытке воздуха продолжаем расчет горения топлива

Если дымовые газы предназначены для использования в качестве теплоносителя в сушилке, то возникает необходимость дополнительно определить их влагосодержание  $d_d$  и энтальпию  $l_d$ . Вычисляем влагосодержание дымовых газов:

$$d_d = \frac{G_{H_2O} \cdot 1000}{L_{cd}}, \quad (7)$$

где  $G_{H_2O}$ – масса водяных паров в дымовых газах, отнесенная на 1кг топлива; в нашем случае она равна 1,257кг;

$L_{cd}$  – масса сухих дымовых газов от сжигания 1кг топлива;

$$L_{cd} = L_d - G_{H_2O}. \quad (8)$$

$$\text{В нашем случае } L_{cd} = \frac{3324,9 - 125,7}{100} = 30,99 \text{ кг.}$$

$$\text{Тогда, } d_d = \frac{1,257 \cdot 1000}{30,99} = 40,6 \text{ г. на 1 кг сухих газов.}$$



Энтальпию продуктов горения, отнесенную к 1 кг сухих дымовых газов, определяют по формуле:

$$I_{\text{д}} = \frac{Q_{\text{н}}^{\text{р}} + L_{\text{в}}^0 \cdot C_{\text{в}} \cdot t_{\text{в}} \cdot \alpha + C_{\text{т}} t_{\text{т}}}{L_{\text{сд}}} \quad (9)$$

$$L_{\text{в}}^0 \cdot \alpha = 31,26 \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

Тогда  $I_{\text{д}} = \frac{41450 + 199 + 31,26 \cdot 1,005 \cdot 1000}{30,99} = 1445,3 \text{ кДж на 1 кг сухих газов.}$

По значениям  $d_{\text{д}}$  и  $I_{\text{д}}$  находят на  $I - d$  диаграмме точку, соответствующую состоянию дымовых газов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гущин С. Н. *Расчеты горения топлив.* – Книга, 1995.
2. Равич М. Б. *Эффективность использования топлива.* – Книга, 1977.
3. Михайловский В. П., Мартеньянова Э. Н., Ушаков В. В. *Расчеты горения топлив, температурных полей и тепловых установок технологии бетонных и железобетонных изделий. Учебное пособие, 2011, 264 с.*

УДК 621.31.015.038

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ И ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДОБЫВАЮЩЕЙ СКВАЖИНЫ С УСТАНОВКОЙ ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА, ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ПОГРУЖНОЙ КОМПЕНСИРУЮЩИМИ УСТАНОВКАМИ

DEVELOPMENT OF THE MATHEMATICAL AND IMITATION MODEL OF THE  
ELECTRIC TECHNICAL COMPLEX OF THE EXHAUST WELL WITH THE ELECTRIC  
CENTER PUMP, THE INDIVIDUAL SUBMERSIBLE COMPENSATORY INSTALLATIONS

**Р.И. Гарифуллин, Ф.А. Иванов, Д.Н. Нурбосынов, Т.В. Табачникова**

(Robert I. Garifullin, Fyodor A. Ivanov, Duisen N. Nurbosinov, Tatiana V. Tabachnikova)

**Альметьевский государственный нефтяной институт**

(Almetyevsk State Oil Institute)

Разработаны математическая и имитационная модели режима работы электротехнического комплекса добывающей скважины. Данные модели позволяют одновременно моделировать режим работы в установившихся и переходных режимах работы электропривода электротехнического комплекса. Получены адекватные модели по графикам зависимостей времени пуска и кратности пускового тока

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН  
АЛЬМЕТЬЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ИНСТИТУТ**

**Сборник материалов  
Международной научно-практической  
конференции**

**ДОСТИЖЕНИЯ, ПРОБЛЕМЫ  
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ  
НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ  
Том 3**

*Подписано в печать 14.02.2018 г.*

*Формат 60×84/16*

*Печать RISO      Объем 29,25 ус.печ.л.*

*Тираж 300 экз.      Заказ № 9*

**ГБОУ ВО «АЛЬМЕТЬЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ИНСТИТУТ»  
УЧЕБНАЯ ТИПОГРАФИЯ  
423452, Республика Татарстан, г. Альметьевск, ул. Ленина, 2**