

МОБИЛЬНЫЙ РЕМОНТНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ НУЖД НЕФТЕДОБЫЧИ

В статье проанализированы географические, природно-климатические, хозяйственно-экономические особенности основных нефтяных провинций России. Выделены основные особенности и методы работы служб пароводоснабжения в каждой из рассмотренных нефтяных провинций. Произведен расчет потребности буровой установки в насыщенном паре. На основании данного анализа и расчета, предложена конструкция мобильного ремонтно-энергетического комплекса для нужд нефтедобычи.

Ключевые слова: бурение нефтяных скважин, нефтяная провинция, служба пароводоснабжения, буровая установка, потребность в насыщенном паре, мобильный ремонтно-энергетический комплекс, котельный модуль.

Современный организационно-технологический процесс добычи нефти, в том числе бурение нефтяных скважин, является непрерывным, и для его реализации в условиях жёсткого холодного климата в регионах России с крупнейшими запасами нефти, важнейшую задачу выполняет теплоэнергетическое обеспечение, в первую очередь, производство насыщенного пара. Насыщенный пар необходим для обогрева технологических растворов, деталей буровой установки, насосов, вспомогательных механизмов и емкостей, удаления наледи и отложений парафина, обогрева рабочих мест буровой бригады, отопления жилого городка. Бурение скважин в зимний период без обеспечения буровой бригады насыщенным паром невозможно.

Вопросами обеспечения паром и горячей водой буровых установок занимаются службы пароводоснабжения (ПВС), которые осуществляют эксплуатацию, плановое техническое обслуживание, текущий ремонт и устраняют возможные аварийные отказы оборудования.

В зависимости от географического расположения нефтяных бассейнов, сложились региональные особенности в вопросах ПВС буровых бригад. Наиболее крупными и контрастными в рамках рассматриваемых технологий являются Западно-Сибирская, Волго-Уральская и Тимано-Печорская нефтяные провинции [1]. Несмотря на сравнительно мягкие природно-климатические условия, наибольшие сложности в вопросах организации производства насыщенного пара для нужд нефтедобычи на территории Российской Федерации возникают у служб ПВС Волго-Уральской провинции. Буровые бригады здесь редко бурят несколько скважин на од-

ном месторождении, перемещаясь каждые два-три месяца на большие расстояния к новому месторождению. Это обусловлено значительным истощением запасов крупных месторождений региона. При бурении скважин на нефтяных месторождениях провинции основной задачей служб ПВС является многократное обеспечение монтажа, запуска и наладки каждой из обслуживаемых котельных установок после их перемещения по скважинам в течение отопительного сезона.

Месторождения Западно-Сибирской и Тимано-Печорской провинций в этом аспекте находятся в более благоприятных условиях: здесь применяется так называемое «кустовое бурение», при котором перемещение буровых бригад, а вместе с ними и котельных установок происходит значительно реже.

Сложные и трудоемкие работы, выполняемые бригадами ПВС, включают в себя большой объем сварочных и слесарных работ, требующих наличия специального оборудования, приспособлений и постоянного источника электроэнергии. Часто из-за отсутствия необходимого оборудования и тяжёлых условий труда невозможно произвести ремонтные работы в полевых условиях, то есть непосредственно на буровой, поэтому приходится вывозить отдельные неисправные агрегаты для последующего ремонта на центральную производственную базу. Это требует большого складского запаса резервного оборудования, что не эффективно. Для доставки котельного модуля, крупногабаритных грузов и осуществления планового обслуживания котельного оборудования приходится использовать дополнительный специализиро-

ванных транспорт. А в случае аварийного отказа парового котла или парогенератора и отсутствия резервной паропроизводящей установки на буровой, бурение скважины приостанавливается, что приводит к большим экономическим потерям.

Отопительный сезон на скважинах Волго-Уральской провинции в среднем составляет 185 суток. Для обеспечения отопительных и технологических нужд буровой установки в абсолютном большинстве случаев используются модульные (транспортируемые) котельные установки ПКН – 2Мс паровыми котлами типа Е-1,0-0,9 М (производительность 1 т/ч, рабочее давление 8 кгс/см²). Количество котельных модулей определяется типом буровой установки.

Для бурения нефтяных скважин здесь в основном используются буровые установки БУ 5000/320 ЭР-0, поэтому примем их параметры и характеристики за основу при расчете потребности буровой установки в насыщенном паре. Схема расстановки оборудования и обвязки паропроводом БУ 5000/320 ЭР-0 при бурении скважины представлена на рисунке 1.

Произведем расчет потребности буровой установки в насыщенном паре.

Теплопотери Q_o , ккал/ч, через наружные ограждения определялись по формуле

$$Q_o = Fk(t_n - t_v), \tag{1}$$

где F – площадь ограждения, м²;
 k – коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций, $k = \text{ккал} \cdot \text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}^{-1}$ [2];
 t_v – расчетная температура внутреннего воздуха, °С;
 t_n – расчетная температура наружного воздуха, °С.

Для семи задействованных емкостей $Q_o = 65\ 158\ 5\ 31\ 7\ 258804\ \text{ккал}$.

Расчет максимальных часовых нагрузок на воздушно-отопительные агрегаты $Q_{ва}$, ккал/ч, производится по формуле:

$$Q_{ва} = n(B_{ва} q_n), \tag{2}$$

где n – количество воздушно-отопительных агрегатов, ед.;
 $B_{ва}$ – расход пара воздушно-отопительным агрегатом, кг/ч;
 q_n – теплосодержание пара $q_n = 661,4\ \text{ккал/кг}$, [3].

Для отопления рабочих мест буровой установки БУ 5000/320 ЭР-0 используют воздушно-отопительные агрегаты АО-2-4. Данные агрегаты максимально расходуют $B_{ва} = 133\ \text{кг/ч}$ пара [4]. Согласно схеме на рисунке 1 расстановки оборудования и обвязки паропроводом на БУ 5000/320 ЭР-0 с применением до 7 воз-

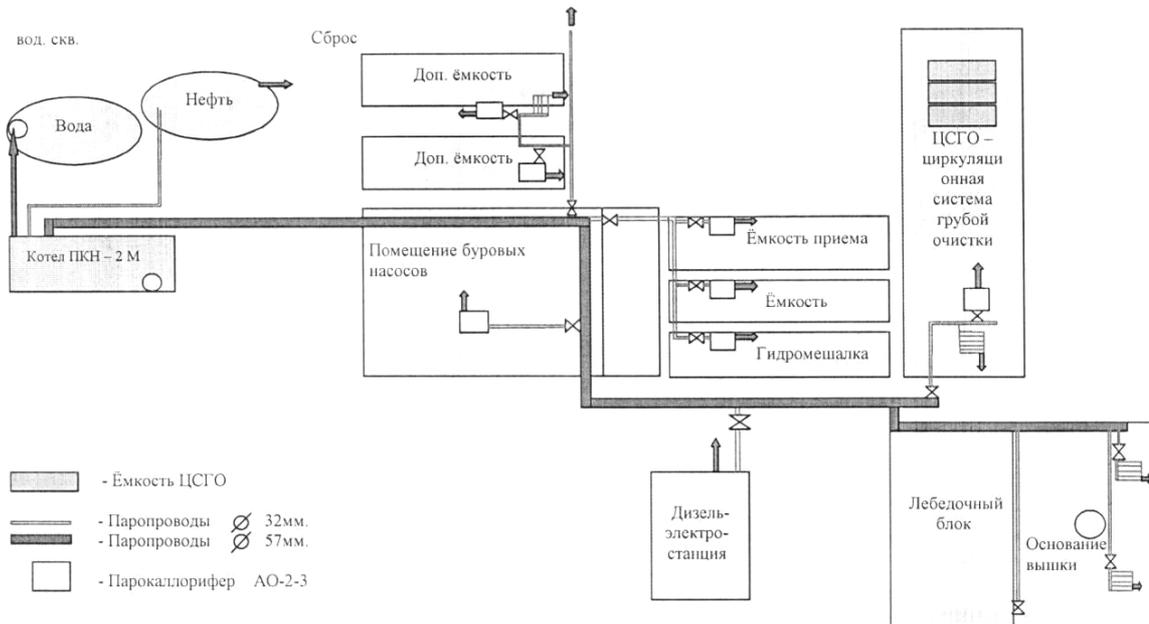


Рисунок 1. Схема расстановки оборудования и обвязки паропроводом БУ 5000/320 ЭР-0

душно-отопительных агрегатов АО-2-3, максимальная часовая нагрузка составит:

$$Q_{oa} = 615763 \text{ ккал/ч.}$$

Итого, на отопление помещений и емкостей буровой установки

$$Q_{ob} = 258804 + 615763 = 874567 \text{ ккал/ч.}$$

Определение максимальных часовых нагрузок на хранилище жидкого топлива и воды осуществлялось по формулам (3 – 6).

Теплопотери Q_m , ккал/ч через наружные ограждения определяются по формуле

$$Q_m = Fk(t_e - t_n), \quad (3)$$

где F – площадь ограждения, $F=81,3 \text{ м}^2$;

k – коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций, $k = 15,8 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}$ [2];

t_e – расчетная температура внутреннего воздуха, $t_e = 25^\circ\text{C}$;

t_n – расчетная температура наружного воздуха, $t_n = -31^\circ\text{C}$.

$$Q_m = 71934 \text{ ккал.}$$

Максимальные часовые нагрузки на нагрев воды в расходной емкости котельной установки Q_w , ккал/ч

$$Q_w = cm(t_n - t_p), \quad (4)$$

где c – удельная теплоемкость воды, $c=1 \text{ ккал/кг} \cdot ^\circ\text{C}$;

m – масса воды, $m=2000 \text{ кг}$;

t_n – необходимая температура подогретой воды, $t_n = 50^\circ\text{C}$;

t_p – расчетная температура воды со скважины согласно СНИП, $t_p = 5^\circ\text{C}$;

$$Q_w = 9000 \text{ ккал/ч.}$$

Максимальные часовые нагрузки на подогрев подсвечника и места бурильщика Q_n , ккал/ч

$$Q_n = Fc, \quad (5)$$

где F – площадь теплопередачи гладких труб $\varnothing 100 \text{ мм}$, м^2 ;

c – коэффициент теплопередачи гладких труб $\varnothing 100 \text{ мм}$, $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}$, $c=2200 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}$ [5].

$$Q_n = 8 \cdot 2200 = 17600 \text{ ккал/ч.}$$

Расчет максимальных часовых нагрузок на технологические нужды Q_{mi} , ккал/ч:

$$Q_{mi} = cm(t_n - t_e), \quad (6)$$

где c – удельная теплоемкость нефти, (ккал/кг $\cdot ^\circ\text{C}$), $c=0,5 \text{ ккал/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ [5];

m – расход нефти, кг/ч , $m=80,6 \text{ кг/ч}$ [6];

t_n – температура поступающей нефти, $^\circ\text{C}$;
 t_e – температура нефти в емкости (хранилище), $^\circ\text{C}$.

$$Q_{mi} = 403 \text{ ккал/ч.}$$

Полученные расчётные значения максимальных часовых нагрузок по котельной сведены в таблицу 1.

Общий часовой расход тепла с учетом потерь по теплосети и собственных нужд котельной (15%) составит:

$$Q = 10545004 \cdot 1,15 = 1212680 \text{ ккал/ч.}$$

Паспортная тепловая мощность блочной котельной установки ПКН – 2М с одним котлом Е-1,0-0,9 (КПД = 0,88) составляет 610000 ккал/ч [6]. Таким образом, для полноценного обеспечения буровой установки типа БУ 5000/320 ЭР-0 насыщенным паром необходима мощность, как минимум, двух котлов Е-1,0-0,9, т. е. двухблочная котельная установка.

Предлагаемый комплекс должен обеспечить возможность оперативного выполнения профилактических, монтажных, пуско-наладочных, ремонтных и восстановительных работ любой сложности в полевых условиях без привлечения дополнительной техники и, что очень важно, обеспечить буровую паром на срок проведения работ.

Комплекс монтируется на базе шасси автомобиля КамАЗ-6560 с колесной формулой 8х8. Для реализации возможности перевозки бригады ПВС и смены операторов котельной, на нем устанавливается пассажирский отсек с необходимым количеством мест.

Кузов автомобиля состоит из технологического отсека и грузовой платформы со съёмным котельным модулем. Между ними устанавливается краноманипуляторная установка ИМ – 180, обеспечивающая перемещения груза весом не более 8800 кг (рисунок 2).

Технологический отсек оснащается комплексом необходимого оборудования и инвентаря для проведения профилактических, ремонтных и восстановительных работ в полевых условиях. Отсек оборудован системами основного (отопитель от системы охлаждения автомобиля) и автономного (отопитель воздушный «Планар-8Д-24», 100 Вт [7]) отопления, освещения и вентиляции. Планировка и расположение оборудования осуществляются с учетом максимально полезного использования про-

странства мастерской и удобства работы персонала.

В состав оборудования мастерской входят:

- устройство внешнего подвода электроэнергии (20 кВт, 380 В);
- электрошкаф с трёхфазным 380В и однофазным 220В выходами;
- слесарный верстак с тисами, заточным станком (ТЭ-150/250, 250 Вт) и сверлильным станком (JDP-15, 0,95 кВт) [8];
- гидравлический пресс;
- газорезательное оборудование (резак пропановый, горелка газовая – с насадками, редуктор пропановый, редуктор кислородный, газовый и кислородный шланги);
- шланг воздушный для подсоединения к компрессору автомобиля;

- оборудование для сварки: силовой генератор (для использования в качестве основного и резервного источника переменного трехфазного тока с приводом от вала отбора мощности – ВОМ), сварочный выпрямитель ВД-313 (21 кВт) [8], кабель сварочный (2х30 м), с. Дополнительно, для выполнения небольшого объема работ, бригада может использовать сварочный инвертор Blueweld Prestige 164 MMA (4,6 кВт) [8];
- углошлифовальная машина УШМ-230/2100М [8];
- отрезная пила «Калибр ПО-2200М» [8];
- ручной роликовый трубогиб, профилегиб «МТВ30-40» [8]; 2 переносных сетевых кабеля по 35 м; оборудование для покраски [8] (краскопульт СО-195, шланг); шланг компрессора (30 м); шанцевый инструмент;

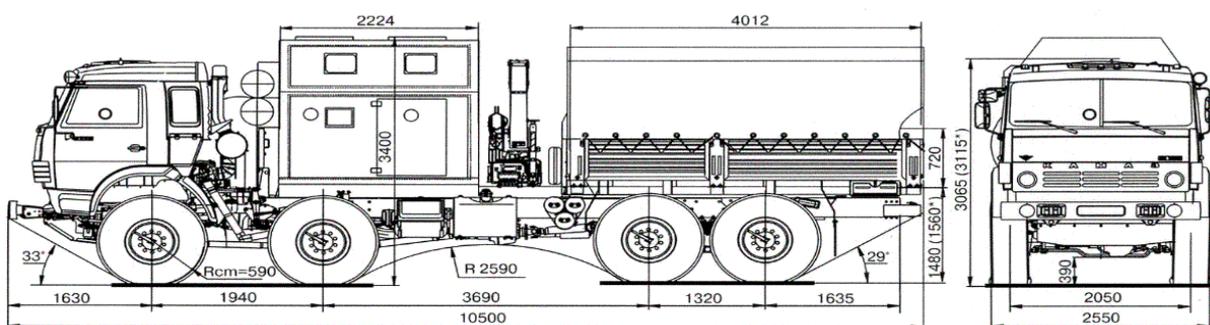


Рисунок 2. Внешний вид и планировка ремонтно-энергетического комплекса

Таблица 1. Значения расчета максимальных часовых нагрузок по котельной

Наименование объекта	Отопление, $Q_{об}$, ккал/ч	Хранилище жидкого топлива, $Q_{т}$, ккал/ч	Нагрев воды $Q_{в}$, ккал/ч	Подогрев подсвечника и места бурильщика $Q_{н}$, ккал/ч	Техн. нужды, $Q_{тн}$, ккал/ч	Общий расход тепла, Q , ккал/ч
Котельная	874567	71934	90000	17600	403	1212680

Таблица 2. Перечень потребителей электроэнергии

№п/п	Наименование потребителя электроэнергии	Мощность, кВт
1	Станок заточной (ТЭ-150/250)	0,25
2	Станок сверлильный (JDP-15)	0,95
3	Выпрямитель сварочный (ВД-313)	21
4	Инверторсварочный (Blueweld Prestige 164 MMA)	4,6
5	Машина углошлифовальная (УШМ-230/2100М)	2,1
6	Пила отрезная (Калибр ПО-2200М)	2,2
7	Электропитание котельного модуля	17
Всего:		48,1

– средства безопасности (маска сварщика, защитные очки газосварщика, перчатки резиновые диэлектрические, боты диэлектрические, коврик диэлектрический, штыри заземления (3 шт.), огнетушитель ОУ-2 (2 шт.), противооткатные башмаки, знак аварийной остановки, аптечка медицинская).

Для системы гидропривода краноманипуляторной установки предусмотрена установка масляного бака.

С целью обоснования мощности электрогенератора для комплекса в таблице 2 приведен перечень потребителей электроэнергии. С учётом продолжительности включения основных потребителей, для обеспечения комплекса электроэнергией выбран электрогенератор EG 202.9, мощностью 40,0 кВт [9].

Грузовая платформа выполняется в виде бортовой площадки открытого типа. Для исключения перемещения груза во время транспортировки предусмотрены специальные петли для увязки груза и крепления для съёмных ёмкостей и котельного модуля. На грузовой платформе в зоне заднего борта находится люк, обеспечивающий доступ к размещённому под полом автофургона электрогенератору. В тёмное время платформа освещается фарой-прожектором.

Энергетической частью комплекса является мобильный котельный модуль на основе паропромысловой установки ППУ 2500/160 (блок – контейнер). На монтажной платформе расположены паровой котел с горелочным устройством, вентилятор высокого давления, водяной насос для подачи питательной воды из цистерны в паровой котел, топливный насос для подачи топлива к форсункам горелочного устройства, гидравлический насосный агрегат, гидромоторы, ёмкости для питательной воды (6,0 м³), топлива (0,6 м³) и масла (0,25 м³). Установка оборудована автоматическим комплексом безопасности, предохраняющим от аварийной ситуации при повышении установленных значений давления и температуры пара, погасании факела в топке котла, снижении напора воздуха в воздуховоде, снижении уровня воды в цистерне ниже допустимого, снижении нормированного расхода питательной воды.

Автомобиль оснащён дизельным двигателем КАМАЗ 740.63-400 мощностью 400 л.с. Средний расход топлива q_c равен 30,65 л на 100 км пробега, а минимальный удельный расход

топлива q_e равен 0,207 л/(л.с.·ч). При запасе топлива G , равном 700 л, запас хода L равен:

$$L = \frac{G}{q_c} \cdot 100, \quad (7)$$

Запас работы двигателя T с оборотами 1500 об/мин, при которых двигатель реализует мощность N_e порядка 300 л.с., равен:

$$T = \frac{G}{q_c}. \quad (8)$$

Силовая установка ремонтно-энергетического комплекса выполнена комбинированной и включает в себя штатный двигатель автомобиля, электрогенератор, редуктор отбора мощности, карданный вал и гидropередачу. В зависимости от выполняемой технологической функции поток мощности к исполнительным устройствам может передаваться механическим, электрическим, гидравлическим или комбинированным способом.

В стандартную комплектацию модуля входит дизельный отопитель WEBASTO Airtop [10] для предотвращения размораживания котла, обвязки и трубопроводной арматуры в холодное время года.

Топливный бак блок – контейнера может пополняться из резервного бака автомобиля объемом 350 л, который устанавливается дополнительно.

Таким образом, энергетическая часть комплекса способна производить до 2,5 т пара в час, чего вполне достаточно для нештатных ситуаций, создающихся при возникновении внезапных отказов, и обеспечения нужд буровой установки на период выполнения работ, связанных с техническим обслуживанием и текущим ремонтом стационарного паропроизводящего оборудования.

Минимальное время автономной работы котельного модуля T_a , равно:

$$T_a = \frac{V_m}{G_m}, \quad (9)$$

где V_m – запас топлива для нужд котельного модуля, л;

G_m – максимальный расход топлива котельным модулем, л/ч.

Полученные расчётные значения по формулам (7–9) сведены в таблицу 3.

При этом вода, подготовленная для подпитки котла, подается из расходной емкости

Таблица 3. Полученные расчётные значения по формулам (7–9)

Запас хода L , км	Запас работы двигателя T , ч	Минимальное время автономной работы котельного модуля T_a , ч
2283,8	11,3	17,1

котельного модуля и может пополняться в необходимом количестве через системы водоподготовки котельных, на которых производятся ремонтные работы.

С учетом общего запаса дизельного топлива для нужд ремонтно-энергетического комплекса (1300 л), запас автономной работы составляет порядка 12 часов непрерывной работы. При этом комплекс имеет запас хода, равный 400 км. Дополнительный объем работы может быть обеспечен за счет резервного запаса дизельного топлива на буровой скважине. Данные показатели отвечают требованиям к возможностям комплекса при его эксплуатации в условиях Волго-Уральской нефтяной провинции.

Таким образом, предлагаемая конструкция мобильного ремонтно-энергетического комплекса (МРЭК) позволит рационально организовать непрерывный технологический процесс бурения нефтяных скважин.

Наиболее близкий аналог предлагаемого мобильного ремонтно-энергетического модуля – агрегат для ремонта и обслуживания нефтяных качалок АРОК, имеет весьма узкую область функционирования, недостаточную грузоподъемность грузовой платформы и краноманипуляторной установки, не оборудован и не приспособлен для использования службой ПВС, не имеет

парогенерирующей установки. Отметим так же, что аналог котельного модуля – паровая промышленная установка (ППУ), несмотря на то, что она устанавливается непосредственно на шасси автомобиля, не имеет пассажирского, ремонтного и грузового отсеков. Разрабатываемый комплекс, включая в себя все достоинства аналогов, предлагает дополнительные возможности благодаря варьированию рабочих характеристик и областей использования его составных частей.

Потребность в разрабатываемом мобильном ремонтно-энергетическом комплексе не ограничивается Волго-Уральской нефтяной провинцией и составляет – один МРЭК на пять-десять буровых установок, в зависимости от их удаленности друг от друга.

Учитывая стремление ведущих нефтедобывающих компаний к максимально возможному снижению срока освоения скважин, применение МРЭК позволит значительно повысить эффективность работы служб ПВС, а следовательно – снизить вероятность возникновения простоев связанных с ними экономических потерь.

Проектирование, изготовление и эксплуатационную доработку мобильного ремонтно-энергетического комплекса возможно осуществить на базе предприятия ООО «Оренбургтехсервис» (г. Бузулук) с участием специалистов ОГУ.

11.08.2014

Список литературы:

1. Калакмаров, Л.В. Нефтегазоносные провинции и области России и сопредельных стран / Л.В. Калакмаров. – М.: Изд-во «Нефть и газ», ГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. – 236 с.
2. «Нефть-Газ» электронная библиотека [Электронный ресурс]. – 2007. Режим доступа: <http://www.nglib.ru> (дата обращения 22.12.2012).
3. Киселев, Н.А. Котельные установки / Н.А. Киселев. – М.: «Высшая школа», 1975. – С. 99–111.
4. Официальный сайт ОАО «Глазовский завод Металлист» [Электронный ресурс]. 2007. Режим доступа: <http://www.metallist-udm.ru> (дата обращения 15.01.2013).
5. Молчанов, И.А. Эксплуатация паровых котлов и паротрубопроводов / И.А. Молчанов. – Киев: Изд-во «Техніка», 1971. – 692 с.
6. Официальный сайт ОАО «Бийский котельный завод» [Электронный ресурс]. 2004. Режим доступа: <http://www.bikz.ru> (дата обращения 16.01.2013).
7. Официальный сайт ООО «Урал СТ» [Электронный ресурс]. 2000. Режим доступа: <http://www.uralst.ru> (дата обращения 21.10.2011).
8. Официальный сайт ООО «Мир Инструмента» [Электронный ресурс]. – 2007. Режим доступа: <http://www.instrument.ru> (дата обращения 21.10.2011).
9. Официальный сайт группы компаний «ТСС» [Электронный ресурс]. – 2009. Режим доступа: <http://www.tss.ru> (дата обращения 11.01.2012).
10. Передвижные котельные установки ППУА [Электронный ресурс]. – 2001. Режим доступа: <http://www.ppuu.tdia.ru> (дата обращения 15.01.2012).

Сведения об авторах:

Щурин Константин Владимирович, заведующий кафедрой техники и технологий
Королёвской финансово-технологической академии, доктор технических наук, профессор
141070, Московская обл., г. Королёв, ул. Гагарина, 42, тел. (495) 516-99-46, e-mail: tteng@mail.ru

Федоров Александр Владимирович, аспирант Оренбургского государственного университета,
заместитель руководителя ООО «Оренбургтехсервис» по Приволжско-Уральскому региону
e-mail Fyodor.alex@yandex.ru; AFedorov@integra.ru

Кеян Ерванд Грантович, доцент кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей
Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук, доцент,
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, e-mail tera@mail.osu.ru

UDC 629.1-47

Schurin K.V., Fedorov A.V. Keyan E.G.

Orenburg state university

E-mail:tteng@mail.ru

MOBILE REPAIR AND POWER COMPLEX FOR OIL PRODUCTION NEEDS

In article geographical, climatic, economic features of the main oil provinces of Russia are analyzed. The main features and work methods of steam-water supply service are marked out for each of the considered oil provinces. Calculation of rilling rig requirement in saturated steam is made. On the basis of this analysis and calculation, the design of a mobile repair and power complex for needs of oil production is offered.

Keywords: drilling of oil wells, oil province, steam-water supply service, drilling rig, need for saturated steam, mobile repair and power complex, boiler module.

Bibliography

1. Kalakmarov, L.V. Oil-and-gas provinces and regions of Russia and adjacent countries / L.V. Kalakmarov. – М.: Publishing house «Oil and gas», oil and gas SU of I.M. Gubkin, 2003. – 236 p.
2. «Oil-gas» electronic library [Electronic resource]. – 2007. – URL: <http://www.nglib.ru> (date of treatment 22.12.2012).
3. Kiselyov, N.A. Boiler installations / N.A. Kiselyov. – М.: «Higher school», 1975. ? P. 99–111.
4. Official site of JSC Glazov Metalworker Plant [Electronic resource]. – 2007. – URL: <http://www.metallist-udm.ru> (date of treatment 15.01.2013).
5. Molchanov, I.A. Operation of boilers and steam pipelines / I.A. Molchanov. – Kiev: Publishing house of «Tekhnika», 1971. ? 692 p.
6. Official site of JSC Biysk Boiler Plant [Electronic resource]. – 2004. – URL: <http://www.bikz.ru> (date of treatment 16.01.2013).
7. Official site of JSC Ural ST [Electronic resource]. – 2000. – URL: <http://www.uralst.ru> (date of treatment 21.10.2011).
8. Official site of JSC Mir Instrumenta [Electronic resource]. – 2007. – URL: <http://www.instrument.ru> (date of treatment 21.10.2011).
9. Official site of TSS group of companies [Electronic resource]. – 2009. – URL: <http://www.tss.ru> (date of treatment 11.01.2012).
10. SFI mobile boiler installations [Electronic resource]. – 2001. – URL: <http://www.ppuu.tdia.ru> (date of treatment 15.01.2012).