DOI: 10.15593/2224-9826/2015.1.15

УДК 62-71

Е.Ю. Ромахина, А.А. Мелехин

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, Россия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ОАО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМНЕФТЕОРГСИНТЕЗ»

Рассматриваются системы охлаждения технологических установок нефтеперерабатывающих предприятий, которые являются водными замкнутыми системами и имеют двукратную перекачивающую систему с использованием в качестве охлаждающих устройств градирен разных типов и в качестве очистных устройств – открытых нефтеотделителей. Системы охлаждения технологических установок на нефтеперерабатывающих предприятиях состоят из серии блоков оборотного водоснабжения (БОВ). Каждый БОВ обслуживает несколько технологических установок. В объеме БОВ содержится до 15 000 м³ воды. Расход воды на охлаждение составляет до 4000 м³/ч, или 96 000 м³/сут, что требует значительных эксплуатационных затрат на электрическую энергию при работе насосов, градирен, на ремонт данного оборудования. Проблема актуальна, так как в настоящее время исследования проводятся в соответствии с Федеральным законом «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности». Проанализирована система охлаждения оборудования нефтеперерабатывающего предприятия. В данной системе отмечены высокие затраты энергии, а также значительные потери давления на некоторых участках.

Предлагается заменить открытый нефтеотделитель на напорный нефтеотделитель, на который имеется патент. Целью настоящего изобретения является повышение эффективности процесса разделения и удаления загрязнений и экономичности конструкции устройства. Применение данной схемы позволит исключить насосную станцию для перекачки теплой воды. Рассчитан экономический эффект от использования этой установки. Каждая система охлаждения имеет оборотный цикл применения воды по идентичной технологии. Поэтому результаты исследований, полученные на одном из них, могут быть использованы на аналогичных предприятиях.

Ключевые слова: система охлаждения, нефтеперерабатывающий завод, оборотное водоснабжение, градирня, нефтеотделитель, насосная станция, трубопроводы теплой воды, трубопроводы холодной воды, энергосбережение, технико-экономическое обоснование.

E.Iu. Romakhina, A.A. Melekhin

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

IMPROVING THE SYSTEM OF COOLING WATER RECYCLING PROCESS UNITS OF LLC “LUKOIL-PERM REFINERY”

In this work we consider the cooling process plants refineries, which are closed water systems and have a double pumping system using as cooling devices for various types of cooling towers and as treatment facilities – open oil separators. The cooling system of process plants at refineries consist of a series of blocks of water recycling (BWR). Each BWR serves multiple processing units. In volume CWA contains up to 15 000 m³ of water. Water consumption for cooling up to 4000 m³/h or 96 000 m³/day, which requires a significant operating cost for electricity during operation of pumps, cooling towers, for the repair of the equipment. The problem is relevant now because research is carried out in accordance with federal law “energy conservation and energy efficiency”. Analyzed the cooling system equipment refinery. In this system, there is high energy costs. Also, there are significant pressure losses in certain areas. It is proposed to replace the open oil separators pressure on oil separators, which has a patent. This will prevent the pump station to pump warm water. Calculated economic benefit from the use of this facility. Each system has a reverse cycle cooling water use identical technology. Therefore, the research results obtained on one of them, can be used in similar enterprises.

It is proposed to replace the open oil separators pressure on oil separators, which has a patent. The aim of the present invention is to increase the efficiency of separation and removal of contaminants and cost of the apparatus. This method allows to eliminate the pumping station to pump warm water. Calculated economic benefit from the use of this facility. Each system has a reverse cycle cooling water use identical technology. Therefore, the research results obtained on one of them, can be used in similar enterprises.

Keywords: cooling system, oil refinery, water recycling, cooling tower, oil separators, pumping stations, pipelines warm water, cold water pipes, energy saving, a feasibility study.

Введение

В последние годы проблема использования воды для охлаждения технологических установок является все более актуальной. С одной стороны, это связано с борьбой с загрязнением окружающей среды, а с другой – с энерго- и ресурсосбережением. В связи с этим схемы использования охлажденной воды периодически изменяются.

Основная проблема – высокие энергозатраты, так как в блоке оборотного водоснабжения перекачка воды осуществляется в два цикла; перекачиваются огромные объемы воды. Эта проблема является актуальной в наше время, так как существуют Федеральный закон № 261 «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» от 23.11.2009, в связи с чем все научные исследования проводятся в этом направлении.

Мы живем в век высоких технологий и безграничного потребления энергии и ресурсов, следовательно, все более актуальным становится вопрос об их экономии. В частности, решение данной проблемы

приведет к экономии электроэнергии, уменьшению затрат рабочей силы на обслуживание системы и увеличению производительности всей системы охлаждения в целом.

1. Система охлаждения

Исследование систем охлаждения в условиях реального нефтеперерабатывающего предприятия показало, что они недостаточно энергоэффективны [1]. Не используются природно-климатические факторы региона для охлаждения технологических установок, с открытых нефтеотделителей и градирен существуют потери оборотной воды.

В связи с этим важно при совершенствовании системы охлаждения технологических установок на нефтеперерабатывающих предприятиях (СО ТУ НПП) создание энергоэффективных технологий, таких как очистка воды от физико-механических загрязнений.

СО ТУ НПП состоят из серии блоков оборотного водоснабжения (БОВ). Каждый БОВ обслуживает несколько технологических установок. В объеме БОВ содержится до $15\,000\text{ м}^3$ воды. Расход воды на охлаждение составляет до $4000\text{ м}^3/\text{ч}$, или $96\,000\text{ м}^3/\text{сут}$, что требует значительных эксплуатационных затрат на электрическую энергию при работе насосов, градирен, на ремонт данного оборудования.

В настоящей работе рассматриваются системы охлаждения технологических установок нефтеперерабатывающих предприятий, которые являются водными замкнутыми системами и имеют двукратную перекачивающую систему с использованием в качестве охлаждающих устройств градирен разных типов и в качестве очистных устройств – открытых нефтеотделителей (рис. 1).

Проведенный анализ работы открытых нефтеотделителей позволяет сделать вывод, что качество воды до и после нефтеотделителей не меняется. Данное оборудование используется только как емкости для дополнительного охлаждения системы. В условиях залпового выброса нефтепродукта в систему охлаждения открытые нефтеотделители не смогут обеспечить требуемую очистку воды. Также существуют потери воды на испарение с открытых нефтеотделителей до 5 % в летний период, что приводит к дополнительным затратам.

В результате проведенных исследований разработана новая технологическая схема охлаждения (рис. 2).

Рис. 1. Существующая схема блока оборотного водоснабжения охлаждения технологических установок нефтеперерабатывающего завода: 1 – градирня «Муссон»; 2 – градирня «Зульцер»; 3 – нефтеотделитель; 4 – камера теплой воды; 5 – насосная станция теплой воды; 6 – трубопровод теплой оборотной воды; 7 – технологическая установка; 8 – трубопровод охлажденной оборотной воды; 9 – насосная станция охлажденной воды; 10 – камера охлажденной воды

Рис. 2. Схема модернизации блока оборотного водоснабжения охлаждения технологических установок нефтеперерабатывающего завода: 1 – градирня «Зульцер»; 2 – напорный нефтеотделитель, разработанный ПГТУ – НН-60; 3 – технологическая установка; 4 – трубопровод охлажденной оборотной вод; 5 – насосная станция охлажденной воды; 6 – камера охлажденной воды; 7 – резервуар охлажденной воды

На данной схеме предусматривается однократная перекачка воды. Охлажденная вода насосами подается на технологические установки, на которых вода используется для охлаждения нефтепродуктов посредством теплообменного оборудования, затем нагретая теплая вода поступает по трубопроводам теплой воды.

Далее теплая вода поступает в напорный нефтеотделитель (разработанный ПГТУ – НН-60), где происходит процесс очистки воды

нефтепродуктов и взвешенных частиц. Далее вода под давлением подается в градирню сухого типа. В градирне происходит процесс охлаждения воды за счет потока воздуха вентилятора и температуры охлаждающего воздуха. После этого вода поступает под давлением в резервуар – накопитель, из которого насосом подают охлажденную воду на технологические установки.

Преимуществами данной технологической схемы перед существующей являются:

- 1) снижение потерь оборотной воды за счет перехода на напорную схему перекачки;
- 2) улучшение качества очистки нефтесодержащих вод и возможность утилизации нефтепродуктов и взвешенных частиц на вторичную переработку;
- 3) уменьшение затрат на электрическую энергию и на эксплуатацию оборудования за счет исключения из схемы насосов для перекачки теплой воды, автоматизации системы очистки нефтесодержащих вод.

2. Нефтеотделитель

Существующий нефтеотделитель 4-секционный с поворотными нефтесборными трубами. Производительность $3900 \text{ м}^3/\text{ч}$, площадь $24 \times 42 \text{ м} = 1008 \text{ м}^2$, объем 3024 м^3 , глубина 3 м.

В качестве прототипа напорного нефтеотделителя использована конструкция устройства производства фирмы ООО «Стройинжиниринг». Разрез и общий вид напорного нефтеотделителя представлены на рис. 3, 4.

Известно устройство – отстойник ПМ № 62032. Недостатком этого нефтеотделителя является отсутствие системы сбора и удаления всплываемых и оседаемых загрязнений [3].

На основании результатов исследований проведена модернизация напорного нефтеотделителя и предложена новая установка.

Напорный нефтеотделитель содержит герметичный корпус с патрубками для ввода и отвода очищаемой воды, устройствами сбора и удаления всплывших осевших загрязнений. Внутри корпуса размещен сетчатый успокоитель. Корпус расположен под углом к горизонту, оснащен системой сбора и удаления всплываемых загрязнений, включающей уровнемер, спускной клапан для нефтепродуктов с датчиком уровня и блоком управления.

Рис. 3. Разрез нефтееотделителя конструкции
ООО «Стройинжиниринг»

Рис. 4. Общий вид нефтееотделителя конструкции
ООО «Стройинжиниринг»

Корпус также оснащен системой сбора и удаления оседаемых загрязнений, включающей емкость – накопитель осадка, спускной и выпускной клапаны и датчик уровня с блоком управления. Имеется вибратор с платформой, обеспечивающий транспортировку осадка по днищу корпуса.

В предлагаемом устройстве обеспечивается высокая эффективность сбора всплываемых и оседаемых загрязнений.

Изобретение относится к области очистки нефтесодержащих вод и может быть использовано в нефтеперерабатывающей, нефтехимиче-

ской, химической и других отраслях промышленности, где в технологических процессах очистку воды необходимо осуществлять в напорном режиме.

Известен нефтеотделитель ПМ № 2206369, содержащий корпус с патрубками подвода и отвода очищаемой воды и устройствами сбора и удаления всплываемых и удаляемых загрязнений, внутри которого размещены элементы интенсификации разделения эмульсии, система слива осадка. Недостатком такого нефтеотделителя является перерациональность конструкции корпуса системой сбора и отделения оседаемых и всплываемых загрязнений, неэффективность системы транспортировки осадка [4].

Целью настоящего изобретения является повышение эффективности процесса разделения и удаления загрязнений и экономичности конструкции устройства.

Указанная цель достигается в напорном нефтеотделителе, содержащем герметичный корпус с патрубками подвода и отвода очищаемой воды, автоматизированными устройствами для сбора и удаления всплывших и осевших загрязнений, уловителем, вибратором с платформой, сетчатым успокоителем (рис. 5, 6).

В предлагаемом нефтеотделителе, где отсутствуют внутренние элементы, требующие нарушения корпуса при изготовлении, для упрощения заводского изготовления используются готовые цилиндрические емкости, обеспечивающие напорный режим работы.

Рис. 5. Схема напорного нефтеотделителя конструкции ПГТУ – НН-60

Рис. 6. Общий вид напорного нефтеотделителя конструкции ПГТУ –НН-60

Напорный нефтеотделитель работает следующим образом (см. рис. 5). Очищаемая вода подается через патрубок 2. Сетчатым успокоителем обеспечивается равномерная подача воды в пространство корпуса 1, после чего поток приобретает направление движения и происходит отделение всплываемых и оседаемых загрязнений под действием гравитационных сил. При этом осевшие загрязнения перемещаются по наклонному днищу в сторону емкости 9, процесс транспортировки осадка интенсифицируется вибратором 13 через форму 14 [5].

Всплывшие загрязнения перемещаются вдоль наклонной плоскости и собираются, скапливаясь в верхней части емкости. Уровень жидкости регистрируется уровнемером 5. Для удаления собранных всплывших загрязнений по сигналу датчика 8 по команде блока управления 11 открывается клапан 6.

Нефтепродукт под давлением в корпусе 1 вытесняется и направляется через клапан 6 по трубопроводу на утилизацию. Для удаления осевших загрязнений из емкости 9 по сигналу датчика 8 по команде блока 10 открывается (закрывается) клапан 12 и закрывается (открывается) клапан 10. Осадок из емкости 9 под давлением в корпусе 1 вытесняется по трубопроводу на утилизацию.

Напорный нефтеотделитель, содержащий герметичный корпус с патрубками подвода и отвода очищаемой воды, системы сбора и удаления всплывших нефтепродуктов и сбора и удаления осевших загрязнений, Отличается тем, что корпус выполнен цилиндрическим и установлен под углом к горизонту.

Внутри корпуса за патрубком подвода очищаемой воды последовательно размещены сетчатый успокоитель и блок пластинчатого успокоителя, система сбора и удаления всплывших загрязнений. Она включает в себя измерительное устройство уровня всплывших нефтепродуктов, трубопровод отвода нефтепродуктов, расположенный в верхней точке корпуса, с установленными на нем концентратомером и клапаном с блоком управления.

Система сбора и удаления осевших загрязнений включает в себя осадконакопитель, соединенный с корпусом посредством горловины в нижней его точке. Трубопровод отвода осевших загрязнений с установленными на нем концентратомером и клапаном с блоком управления. Также корпус снабжен вибратором с площадкой.

Напорный нефтеотделитель (см. рис. 5) содержит герметичный корпус 1 с патрубками подвода 2 и отвода 3 очищаемой воды, устройствами сбора и удаления 4 всплывших и сбора и удаления 5 осевших загрязнений с системой 6 смыва осадка. Внутри корпуса 1 установлен сетчатый успокоитель 4, устройство для сбора и удаления всплываемых загрязнений, включающее уровнемер 5, спускной клапан 6 с блоком управления 7 и датчиком уровня 8, устройства для сбора и удаления оседаемых загрязнений состоящее из емкости 9, спускного клапана 10 с блоком управления 11, выпускным клапаном 12, вибратором 13 с платформой 14.

3. Технико-экономическое обоснование

Наиболее полным и надежным критерием оптимальности (КО) при выборе решения принято считать универсальный технико-экономический показатель – приведенные затраты П [6]:

$$П = ЕК + Э, \quad (1)$$

где Е – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений; К – капитальные затраты; Э – эксплуатационные затраты.

В соответствии с этим критерием наиболее эффективна та из сравниваемых систем охлаждения, у которой приведенные затраты минимальны, т.е.

$$КО = \min \Pi = \min(EK + 3). \quad (2)$$

Капитальные затраты K складываются из затрат на изготовление напорного нефтеотделителя и его монтаж, причем затраты на монтаж достигают 10 % по сравнению со стоимостью изготовления напорного нефтеотделителя, и ими можно пренебречь. Если по технологической схеме работа системы охлаждения неразрывно связана с работой обслуживающих его насосов или компрессоров, в остальные затраты следует включить их полную стоимость или ее часть, пропорциональную доле мощности, затрачиваемой на преодоление гидравлического сопротивления напорного нефтеотделителя от всей необходимой мощности на перемещение воды):

$$K = C_T + \beta_1 \cdot C_{н1} + \beta_2 \cdot C_{н2} + M, \quad (3)$$

где K – капитальные затраты; C_T – стоимость трубопроводов; β_1 – коэффициент изменения стоимости насосов теплой воды; $C_{н1}$ – стоимость насосов теплой воды; β_2 – коэффициент изменения стоимости насосов холодной воды; $C_{н2}$ – стоимость насосов холодной воды; M – строительно-монтажные, пусконаладочные и другие работы.

Эксплуатационные затраты $\mathcal{E}$ можно разделить на две группы: пропорциональные капитальным затратам и не зависящие от капитальных затрат. К первой группе относятся амортизационные отчисления (определяемые коэффициентом k_a) и расходы на текущий ремонт и содержание оборудования (определяемые коэффициентом k_p); ко второй группе относятся расходы энергии на привод нагнетателей и стоимость теплоносителей:

$$\mathcal{E} = K(k_a + k_p) + C_{\mathcal{E}}(N_1 + N_2)\tau + G_1 \cdot C_{1\tau} + G_2 \cdot C_{2\tau}, \quad (4)$$

где τ – число часов работы оборудования в году; $C_{\mathcal{E}}$ – цена единицы электроэнергии; N_1, N_2 – мощности нагнетателей, затрачиваемые на преодоление гидравлических сопротивлений напорного нефтеотделителя.

Приведенные затраты Π на единицу продукции (руб./год) можно приближенно рассчитать по формуле

$$\Xi = (\varepsilon + k_a + k_p) + (\Pi_t + \beta_1 \cdot \Pi_{n1} + \beta_2 \cdot \Pi_{n2})\tau + (N_1 + N_2)\Pi_{\varepsilon} \cdot \tau, \quad (5)$$

где k_a – амортизационные отчисления; k_p – содержание оборудования; Π_t – стоимость напорного нефтеотделителя; Π_{n1} – стоимость насосов теплой воды; Π_{n2} – стоимость насосов холодной воды.

Нормативный коэффициент эффективности капиталовложений в нефтеперерабатывающей промышленности (Е) равен $0,15 \text{ год}^{-1}$.

Расчет годовых амортизационных отчислений и отчислений на ремонт оборудования для нефтеперерабатывающей промышленности может быть проведен по средним нормам – соответственно 10 и 5 % от капитальных затрат. Тогда можно принять:

$$E = k_a + k_p = 0,3 \text{ год}^{-1}, \quad (6)$$

где k_a – амортизационные отчисления; k_p – содержание оборудования.

Цена на трубопроводы различных конструкций устанавливаются соответствующим прейскурантом на нефтехимическое оборудование.

Стоимость насосов определяется по прайсам фирм-изготовителей. Стоимость электроэнергии в среднем можно принять $\Pi_{\varepsilon} = 3,08 \text{ руб./ (кВт}\cdot\text{ч)}$ и число часов работы оборудования за год $\tau = 8040$. При поиске оптимального варианта из нормализованного ряда аппаратов наиболее простым и надежным оказывается метод полного перебора вариантов.

Оценим экономический эффект при использовании новых технологий.

Годовой экономический эффект от снижения потерь оборотной воды за счет применения разработанного напорного отделителя:

$$\Xi_v = C_1 + \Delta W \cdot 24 \cdot 365, \quad (7)$$

где Ξ_v – годовой экономический эффект от снижения потерь оборотной воды в количестве $1 \text{ м}^3/\text{ч}$; C_1 – тариф очистки оборотной воды и очистки сточной воды из промышленно-ливневой канализации; ΔW – снижение потерь объема оборотной воды в количестве $1 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Экономический эффект от снижения потерь оборотной воды

$$\Xi_v = 24 \cdot 1 \cdot 24 \cdot 365 = 210\,240 \text{ руб. на } 1 \text{ м}^3/\text{ч в год.}$$

Годовой экономический эффект от снижения потерь электрической энергии при переходе на систему с однократной перекачкой воды,

с исключением из схемы насосов для перекачки теплой воды, за счет применения напорного нефтеотделителя можно рассчитать следующим образом:

$$\Theta_{\text{эл}} = C_2 + \Delta N \cdot 24 \cdot 365, \quad (8)$$

где $\Theta_{\text{эл}}$ – годовой экономический эффект от снижения потерь электрической энергии в количестве 1 кВт·ч; ΔN – снижение расхода электрической энергии за счет исключения работы насосов в количестве 160×2 кВт·ч; C_2 – тариф электрической энергии 3,08 руб за 1 кВт·ч.

Годовой экономический эффект от перехода на схему с однократной перекачкой воды

$$\Theta_{\text{в}} = 320 \cdot 3,08 \cdot 24 \cdot 365 = 8\,633\,856 \text{ руб./год.}$$

Окупаемость внедрения

$$K_o = \Theta_{\text{в}} / (A + B), \quad (9)$$

где $\Theta_{\text{в}}$ – годовой экономический эффект от внедрения напорного нефтеотделителя; A – эксплуатационные затраты; B – капитальные затраты; K_o – коэффициент окупаемости;

$$K_o = 8\,633\,856 / 3\,077\,000 = 2,8 \text{ года.}$$

Таким образом, в ходе исследования использован модернизированный напорный нефтеотделитель для очистки теплых нефтесодержащих оборотных вод (патент на полезную модель № 97055). Экономическая эффективность предлагаемых решений по одному блоку охлаждения при переходе на разработанную технологическую схему составит 8 633 856 руб. в год.

Библиографический список

1. Давлетшин Ф.М. Повышение эффективности охлаждения воды в системах оборотного водоснабжения промышленных энергетических установок: дис. ... канд. техн. наук. – Казань, 2007.
2. Мелехин А.А. Разработка научно обоснованных методических рекомендаций по улучшению тепло-гидравлических параметров работы блоков оборотного водоснабжения на основе натурных испытаний и технологического обследования: отчет по научно-исследовательской

работе по договору № 2009/209 между ПГТУ – ООО «ЛУКОЙЛ-ПНОС». – Пермь, 2009. – 210 с.

3. Патент № 62032 С1 РФ, C02F1/62. Отстойник / А.А. Мелехин, Д.Е. Пряхин. Патентообладатель: ГОУ ВПО «Пермский государственный технический университет». Оpubл. 27.03.2007.

4. Патент № 2206369 С1 РФ МПК, B01D21/02. Напорный нефтеотделитель / В.Г. Пономарев, В.Ф. Боев, Я.Б. Улановский, В.Н. Порхачев, Р.Г. Ханнанов. Патентообладатель: ООО «Стройинжиниринг ПМ». Оpubл. 20.06.2003.

5. Патент № 97055 С1 РФ МПК⁷, B01D21/08, C02F1/52. Напорный нефтеотделитель / А.Г. Мелехин, А.А. Мелехин. Патентообладатель: ГОУ ВПО «Пермский государственный технический университет». Оpubл. 27.08.2010.

6. Бурдыгин Е.В. Повышение энергоэффективности теплотехнического оборудования установок первичной переработки нефти: дис. ... канд. техн. наук. – Уфа, 2003. – 171 с.

7. An Economical Comparative Study of Different Methods for Decrease Cooling Towers Makeup Cost in Oil Refineries / R. Hosseinzadeh Hesas, A.H. Tarighaleslamir, M.R. Omidkhah, M. Sharifzadeh Baei // World Applied Sciences Journal. – 2011. – No. 12 (7). – P. 988–998.

8. Amir Hossein Tarighaleslami, Roozbeh Hoseinzadeh Hesas, Mohammad Reza Omidkhah. An Approach for Water Cost of Cooling Water System in Oil Refinery // Chemical Engineering Transactions. – 2010. – No. 21. – P. 103–108.

9. Matijaševića Lj., Vučković A., Dejanović I. Analysis of Cooling Water Systems in a Petroleum Refinery // Chem. Biochem. Eng. Q. – 2014. – No. 28 (4). – P. 451–457.

10. Nacheva P.M. Water Management in the Petroleum Refining Industry, Water Conservation / ed by Dr. Manoj Jha. – 2011. – P. 105–128.

References

1. Davletshin F.M. Povyshenie effektivnosti okhlazhdeniia vody v sistemakh oborotnogo vodosnabzheniia promyshlennykh energeticheskikh ustanovok [Increase of efficiency of cooling of water in systems of reverse water supply of industrial power installations]. Thesis of Ph.D.'s degree dissertation, Kazan', 2007.

2. Melekhin A.A. Razrabotka nauchno obosnovannykh metodicheskikh rekomendatsii po uluchsheniiu teplo-gidravlicheskikh parametrov raboty

blokov oborotnogo vodosnabzheniia na osnove naturnykh ispytanii i tekhnologicheskogo obsledovaniia [Development of scientifically based methodical recommendations about improvement of warmly hydraulic parameters of operation of blocks of reverse water supply on the basis of natural tests and technological inspection]. *The report on research work on the contract No. 2009/209 between PGTU – JSC LUKOIL-PNOS*. Perm, 2009. 210 p.

3. Melekhin A.A., Pryakhin D.E. Otstoinik [Settler]. *Patent No. 62032 C1 Russian Federation, C02F1/62*.

4. Ponomarev V.G., Boev V.F., Ulanovskii Ia.B., Porkhachev V.N., Hannanov R.G. Napornyi nefteotdelitel' [Pressure head petroseparator]. *Patent No. 2206369 C1 Russian Federation MPK, V01D21/02*.

5. Melekhin A.G., Melekhin A.A. Napornyi nefteotdelitel' [Pressure head petroseparator]. *Patent No. 97055 C1 Russian Federation MPK7, V01D21/08, S02F1/52*.

6. Burdygin E.V. Povyslenie energoeffektivnosti teplotekhnicheskogo oborudovaniia ustanovok pervichnoi pererabotki nefti [Increase of energy efficiency of the heattechnical equipment of installations of primary oil refining]. Thesis of Ph.D.'s degree dissertation, Ufa, 2003. 171 p.

7. Hosseinzadeh Hesas R., Tarighaleslamir A.H., Omidkhah M.R., Sharifzadeh Baei M. An Economical Comparative Study of Different Methods for Decrease Cooling Towers Makeup Cost in Oil Refineries. *World Applied Sciences Journal*, 2011, no. 12 (7), pp. 988-998.

8. Amir Hossein Tarighaleslami, Roozbeh Hoseinzadeh Hesas, Mohammad Reza Omidkhah. An Approach for Water Cost of Cooling Water System in Oil Refinery. *Chemical Engineering Transactions*, 2010, no. 21, pp. 103-108.

9. Matijaševića Lj., Vučković A., Dejanović I. Analysis of Cooling Water Systems in a Petroleum Refinery. *Chem. Biochem. Eng. Q.*, 2014, no. 28 (4), pp. 451-457.

10. Nacheva P.M. Water Management in the Petroleum Refining Industry, Water Conservation. Ed. Dr. Manoj Jha. 2011, pp. 105-128.

Получено 28.01.2015

Сведения об авторах

Ромахина Елена Юрьевна (Пермь, Россия) – магистрант кафедры «Теплогазоснабжение, вентиляция и водоснабжение, водоотведение» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: lenusya_rom@mail.ru).

Мелехин Андрей Александрович (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры «Теплогазоснабжение, вентиляция и водоснабжение, водоотведение» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: melehin2006@yandex.ru).

About the authors

Elena Iu. Romakhina (Perm, Russian Federation) – Master student, Department of Heat supply, Ventilation and Water supply, Sewerage, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: lenusya_rom@mail.ru).

Andrei A. Melekhin (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Senior Scientific Worker, Department of Heat supply, Ventilation and Water supply, Sewerage, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: melehin2006@yandex.ru).