

DOI: 10.18372/2310-5461.42.13755

УДК 621.18(045)

С. В. Вдовенко, канд. тех. наук, ГП
ТОВ «Укргазпромбуд»
orcid.org/0000-0002-9853-8604
e-mail: vdovenko1@gmail.com;

А. В. Вдовенко, асистент,
Національний університет біоресурсів і
природокористування України
orcid.org/0000-0002-6641-7947
e-mail: vav08@ukr.net

РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЗБОРУ ТА ПОВЕРНЕННЯ КОНДЕНСАТУ В ТЕПЛОСИЛОВОМУ ГОСПОДАРСТВІ НАФТОПЕРЕРОБНОГО ЗАВОДУ

Вступ

Глибоке перероблення нафти та нафтопродуктів на сучасному нафтопереробному заводі (НПЗ) неодмінно пов'язане із застосуванням термічних, термокаталітичних та гідрогенізаційних процесів, що супроводжуються багаторазовим випаровуванням та переміщенням вуглеводневих систем, води, повітря, азоту та інших газів [1; 2]. Для здійснення зазначених процесів потрібна енергія різних видів: хімічна енергія палива, електрична енергія, а також теплова енергія водяної пари і гарячої води. При цьому енергетичні витрати на перероблення 1 т нафти з використанням водяної пари та гарячої води становлять $(0,83 \div 1,25) \cdot 10^9$ Дж або 30–35 % від загальної кількості споживаної енергії НПЗ [3; 4].

Наведені дані свідчать про те, яку величезну роль відіграє теплосилове енергогосподарство у роботі НПЗ, а його раціональна організація призводить до економії усіх видів енергоресурсів, зниження собівартості нафтопродуктів і до зменшення техногенного навантаження на навколишнє природне середовище. Окрім цього слід зазначити, що для багатьох НПЗ основним джерелом теплової та електричної енергії є ТЕЦ, які часто виступають окремими суб'єктами підприємницької діяльності та не підпорядковуються НПЗ. Для теплових електростанцій високого та надвисокого тиску велике значення має збір та рівномірне повернення чистого конденсату.

Перебої у постачанні конденсату внаслідок його нераціонального використання або хімічного забруднення призводять до зниження кількості виробленої на ТЕЦ водяної пари, що може викликати порушення технологічного циклу НПЗ [5]. Тому незалежно від причин неповернення конденсату з боку НПЗ, що входить до

єдиної з ТЕЦ енергосистеми, це призводить до виплат великих штрафів та понаднормативних скидів конденсату до каналізаційної системи.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

На сучасних НПЗ створені та експлуатуються індивідуальні, унікальні для кожного окремо взятого підприємства системи збору, очищення та повернення парового конденсату до джерел паропостачання. Проте ці системи потребують періодичної модернізації, що обґрунтовується швидкими темпами розвитку та вдосконалення технологій, засобів автоматизації та КВП, впровадження яких сприяє значному енергозбереженню [6]. Так, нещодавній моніторинг роботи підприємств нафтопереробної галузі США виявив потенціал щодо заощадження палива для парогенеруючих систем на рівні 12,2 % [2]. Для НПЗ України така робота не проводилася, а питання модернізації теплосилового господарства вирішується локально лише у межах реконструкції тієї чи іншої технологічної установки [7–9].

Одним із ключових питань у справі енергозбереження є максимально повне уловлювання та повернення пароконденсату для повторного використання парогенеруючими установками НПЗ [2, 4–6, 10]. Особливо гостро це питання стоїть для старих НПЗ, технології систем збору конденсату яких лишилися на рівні 70–90-х років минулого століття.

У середньому для нафтопереробної галузі колишнього СРСР повернення конденсату було на рівні 12–55 % від кількості споживаного пару, що є недостатнім [4; 5]. Оцінюючи необхідність збору та повернення конденсату для вітчизняних НПЗ необхідно враховувати, що замість неповерненого споживачами конденсату, до котлів

ТЕЦ або парових котельних установок (ПКУ) має бути спрямована така сама кількість підживлювальної води, якість якої регламентується вимогами державних стандартів [11–13] та інколи більш жорсткими вимогами виробників котельного обладнання. Свіжа прісна вода має бути попередньо очищена від механічних домішок, а потім пройти стадію пом'якшення або зворотно-осматичного очищення з електродеіонізацією чи доочищенням іонами. Для приготування такої демінералізованої води потрібні значно більші матеріальні витрати, аніж ті, що пов'язані із поверненням конденсату, що у свою чергу впливає на собівартість водяної пари [2, 4–6, 14–16]. Також потрапляння відносно чистого конденсату до каналізаційної системи НПЗ неминуче призводить до збільшення гідравлічного навантаження на очисні споруди, до перевитрати електроенергії на перекачування стічних вод і додаткової витрати реагентів (флокулянт, коагулянт, рН-коректор тощо) для очищення стоків. Скиди гарячого конденсату можуть призвести до загазованості каналізаційних мереж, перегріву та виходу з ладу каналізаційних насосних агрегатів, а також викликають нестабільну роботу секції біохімічного очищення стічних вод, у разі перевищення температури стоків вище 42°C [14; 17].

Основними причинами втрат водяної пари та конденсату на НПЗ є [2; 4–6; 14; 16]:

- негерметичність трубок рибойлерів системи нагрівання нафтопродуктів ректифікаційних колон, що призводить до утворення водонафтових емульсій та скиду забрудненого конденсату до системи каналізації НПЗ;

- експлуатування ненадійних або непрацюючих конденсатівідвідників, що викликають значні втрати так званого пролітного пару;

- відкрита система збору конденсату, що призводить до контакту з атмосферним повітрям та, як наслідок, до пришвидшеної корозії системи збору пароконденсата, втрат пролітної пари та пари вторинного закипання;

- застосування парового приводу насосів (ККД 1–3 %) та неповне використання відпрацьованої пари, особливо у літній час;

- нещільності паропроводів, пропуски ущільнень турбін та сальників парових насосів;

- погано організований контроль за якістю конденсата.

Постановка завдання дослідження

Аналіз останніх публікацій у науковій літературі надає усі підстави стверджувати, що питання підвищення частки збору та повернення пароконденсату у технологічний цикл є актуальним завданням у цілому для нафтопереробної галузі.

Для раціоналізації системи збору та повернення конденсату у теплосиловому господарстві НПЗ необхідно детально вивчити технологічну схему паропостачання, володіти інформацією про стан теплових мереж та обладнання, визначити якість конденсату та водяної пари, що використовується на НПЗ.

Метою дослідження є розроблення та удосконалення технічних рішень щодо зменшення втрат водяної пари та пароконденсату на НПЗ, базуючись на даних комплексного аналітичного та виробничого контролю за роботою паросилового господарства підприємства.

Об'єктом дослідження є система паропостачання, збору та повторного використання пароконденсату НПЗ паливно-оливного профілю. Відповідно **предмет** дослідження — зменшення частки втрат водяної пари та пароконденсату НПЗ.

Під час дослідження використовувався комплекс сучасних методів теоретичних та експериментальних досліджень: польові моніторингові дослідження, натурні аналітичні вимірювання якості пароконденсату та водяної пари; оброблення та аналіз отриманих власних і літературних даних.

Виклад основного матеріалу

Загальна характеристика споживачів теплової енергії НПЗ та параметри водяної пари. На технологічних установках і об'єктах загальнозаводського господарства досліджуваного НПЗ застосовується водяна пара таких параметрів:

1. Пара високого тиску (ПВТ) з параметрами 2,5–3,0 МПа і 250–400 °С, призначена для турбінного приводу компресорів установок вторинного перероблення нафти, а також для нагрівання нафтопродуктів вище 160 °С.

2. Пара середнього тиску (ПСТ) з параметрами 1,0–1,5 МПа і 200–300 °С, призначена для нагрівання нафтопродуктів, приводу поршневих парових насосів, обігріву резервуарів та трубопроводів з високов'язкими продуктами, а також для потреб парогасіння.

3. Пара низького тиску (ПНТ) з параметрами 0,2–0,5 МПа і 120–200 °С, призначена для нагрівання нафтопродуктів до 80 °С, пожежогасіння та обігріву технологічних трубопроводів.

По території НПЗ на естакадах прокладені магистральні трубопроводи ПСТ, які підводяться майже до усіх технологічних установок та живляться виключно від загальнозаводських ПКУ. Для отримання водяної пари з нижчим тиском і температурою у кінцевих споживачів передбачені відповідні редуційно-охолоджувальні пристрої (РОП).

Окремі технологічні установки мають у своєму складі власні котлоагрегати та котли-утилізатори, що повністю забезпечують потреби установок у водяній парі різних параметрів. Усі заводські ПКУ з'єднані із магістральними трубопроводами по радіальній схемі, що робить систему паропостачання споживачам більш гнучкою у випадку виникнення аварійної ситуації на од-

ному із котлоагрегатів. Якість отриманої водяної пари перевіряється ЦЗЛ згідно графіку аналітичного контролю за роботою ПКУ.

Порівняльна характеристика фактичних якісних показників конденсату перегрітої водяної пари після пароперегрівача із встановленими нормами представлена у табл. 1.

Таблиця 1

Характеристики конденсату водяної пари після пароперегрівача ПКУ

Показник	ПКУ №1	ПКУ №2	ПКУ №3
Робочий тиск, МПа	1,5	2,8	1,5
Електропровідність при 25°C, $\mu\text{S}/\text{cm}$	2,1 \pm 1,3*	11,2 \pm 5,5*	2,7 \pm 1,1*
	< 2,5**	< 15**	< 2,5**
	< 1,6***	< 0,5***	< 1,6***
Водневий показник при 25°C, рН	7,5 \pm 0,3*	9,4 \pm 0,2*	8,3 \pm 0,2*
	7,3–9,0**	7,5–10,5**	8,0–9,5**
Вміст кремнієвої кислоти (SiO ₂), мг/дм ³	відсутність	відсутність	0,01 \pm 0,005*
	<0,02**	<0,02**	<0,02**

Умовні позначення: * — фактичні виміряні показники; ** — внутрішньозаводські норми; *** — вимоги до стандарту [13].

Хімічний аналіз водної пари виконано на базі центральної заводської лабораторії досліджуваного НПЗ за стандартизованими методиками [18; 19].

Результати хімічних аналізів свідчать про те, що якість водяної пари по основним показникам у більшості випадків відповідає внутрішньозаводським стандартам технічної експлуатації котлоагрегатів, що розроблені виробниками котельного обладнання. Зафіксовані випадки перевищення норми електропровідності водяної пари пов'язані із недостатньою продувкою колоагрегатів або передозуванням реагентів до котельної води, що вимагає ретельнішого контролю за водним режимом ПКУ. Слід також зазначити, що низка показників якості конденсату (CO₂, Na⁺, NH₃), що регулюються державним стандартом [13], не входять до графіку аналітичного контролю ЦЗЛ. Проте діоксид карбону, поряд з оксигеном і аміаком можуть викликати корозію металу [20; 21], тому ці показники слід включити до графіку аналітичного контролю.

Система збору та повернення конденсату НПЗ

На досліджуваному НПЗ 80 % конденсато-збірників (КЗ) працюють за відкритою схемою і сполучаються з атмосферою, що є причиною значних втрат водяної пари. Відведення конденсату від теплоспоживаючих апаратів та паросупутників здійснюється за допомогою конденсатовідвідників термодинамічного типу, 10–15 % яких працюють незадовільно та є джерелами

надходження пролітної пари. До кожного КЗ спрямовується пароконденсат від групи схожих по технології перероблення вуглеводневих систем установок, що споживають пар однакових параметрів та забруднюють конденсат аналогічними нафтопродуктами, а саме, газові установки (алкілування, ізомеризація, каталітичний риформінг, каталітичний крекінг, ГФУ), установки виробництва олів (вакуумна трубчатка, селективне очищення, депарафінізація, гідроочищення), установка гідроочищення дизельного палива тощо. Окремі технологічні установки споживають водяну пару різних параметрів, конденсат якої відводиться до розширювачів конденсату, а водяна пара вторинного закипання відводиться до мережі ПНТ. На НПЗ відсутні блоки конденсатоочищення, тому якість конденсату повинна забезпечити норми якості живильної води ПКУ, що регламентуються внутрішньозаводськими нормами та державним стандартом. Порівняння якісних показників зібраного конденсату із встановленими нормами представлено у табл. 2.

Результати хімічних аналізів свідчать про майже повну відсутність забруднення пароконденсату нафтопродуктами, проте спостерігається підвищений вміст заліза, що є наслідком корозії елементів пароконденсатної системи. Підвищений вміст солей у КЗ №4 пояснюється негерметичністю змієвика погрузного холодильника, що робить пароконденсат непридатним для повторного використання на ПКУ. Перевищення норми загальної жорсткості пояснюється подачею до РОП води з недостатнім ступенем очищення.

Таблиця 2

Характеристики конденсату у КЗ

Показник	КЗ №1	КЗ №2	КЗ №3	КЗ №4	КЗ №4р
Електропровідність, якщо 25 °С, $\mu\text{S}/\text{cm}$	8,5 \pm 2,5*	7,6 \pm 0,7*	15 \pm 5*	4500 \pm 500*	12 \pm 5*
	_**	_**	_**	_**	_**
	_***	_***	_***	_***	_***
Водневий показник, якщо 25 °С, рН	9,2 \pm 0,3*	9,4 \pm 0,2*	8,7 \pm 0,4*	7,7 \pm 0,3*	7,5 \pm 0,6*
	_**	_**	_**	_**	_**
	> 9,2***	> 9,2***	> 9,2***	> 9,2***	> 9,2***
Уміст заліза (Fe), мг/дм ³	0,3 \pm 0,2*	0,25 \pm 0,15*	0,05 \pm 0,02*	0,35 \pm 0,2*	0,3 \pm 0,2*
	_**	_**	_**	_**	_**
	<0,05***	<0,05***	<0,05***	<0,05***	<0,05***
Уміст міді (Cu), мг/дм ³	<0,02*	<0,02*	<0,02*	0,03 \pm 0,02*	0,03 \pm 0,02*
	_**	_**	_**	_**	_**
	<0,02***	<0,02***	<0,02***	<0,02***	<0,02***
Уміст масла/жиру, мг/дм ³	відсутній*	відсутній*	відсутній*	<0,4*	<0,4*
	_**	_**	_**	_**	_**
	<0,5***	<1,0***	<1,0***	<1,0***	<1,0***
Загальна жорсткість (Ca+Mg), ммоль/дм ³	0,55 \pm 0,15*	0,08 \pm 0,06*	0,3 \pm 0,25*	15 \pm 5*	0,08 \pm 0,04*
	_**	_**	<6,0**	<6,0**	<6,0**
	<0,02***	<0,02***	<0,02***	<0,02***	<0,02***

Умовні позначення: * — фактичні виміряні показники; ** — внутрішньозаводські норми; *** — вимоги до стандарту [12].

У зв'язку із виходом із ладу частини конденсатовідвідників, відведення пароконденсату відбувається безпосередньо до каналізаційної системи установок, що є одним із факторів підвищення температури виробничих стоків першої системи каналізації до 40–42 °С у теплу пору року. Так, наприклад, на найвіддаленіших від ПКУ технологічних установках скиди гарячого конденсату досягають 1–1,5 м³/год. Слід зазначити, що згідно норм технологічного проектування [22] при біохімічному очищенні у аеротенках допускається підвищення температури стоків влітку до 35 °С, у іншому разі стоки необхідно охолоджувати, що пов'язано із додатковими експлуатаційними витратами і забрудненням атмосфери [23]. При цьому теплота, що міститься у конденсаті не використовується для виробничих потреб, тому НПЗ несе додаткові збитки, пов'язані із зростанням навантаження на системи обігового водопостачання та очисні споруди стічних вод [24; 25].

Виходячи з даних хімічних аналізів та натурального обстеження системи збору та повернення пароконденсату запропоновано та вже частково втілено у виробництво наступні технічні рішення:

– здійснювати постійний моніторинг балансу поверненого конденсату та виробленої водяної пари завдяки установленню лічильників енергоресурсів, що надходять та відводяться від основних споживачів водяної пари. Поточний огляд установок виявив відсутність або несправність

відповідних лічильників на 40 % оглянутих об'єктів, що не дає можливості точно встановити цільові та нецільові витрати водяної пари та конденсату на установках;

– відновити роботу конденсатовідвідників у повному обсязі для ліквідації надходження пролітної пари до системи збору пароконденсату;

– увести у графік аналітичного контролю перевірку якості конденсату до та після холодильників, де як холодоагент використовується вода. Так у результаті ліквідації нещільності змієвика погрузного холодильника, встановленого перед КЗ №4, якісні показники пароконденсату (окрім вмісту заліза) стали відповідати вимогам стандарту (див. хімічний аналіз конденсату у КЗ №4р у табл. 2);

– установити іонообмінні фільтри для очищення конденсату від іонів заліза та жорсткості;

– посилити контроль за якістю води, що подається в РОП;

– установити додаткові КЗ для найбільш віддалених споживачів водяної пари з подальшим напірним відкачуванням уловленого конденсату. Це пов'язано із частими випадками падіння тиску і температури у системі паропостачання у холодну пору року, що є причиною замерзання віддалених конденсатопроводів. Розгерметизація конденсатопроводів у наслідок замерзання є причиною дренажу конденсату до системи каналізації або на рельєф місцевості протягом тривалого проміжку часу;

– конденсат водяної пари, зазвичай характеризується майже повною відсутністю мінеральних та органічних домішок, тому у випадку недоцільності його перекачування на ПКУ, зібраний конденсат може використовуватися локально для підживлення блоків обігового водопостачання або для інших технічних потреб установок (промивка нафти в електродегідраторах, приготування розчинів реагентів, використання у якості турбулізатору у змійовиках технологічних печей);

– повне використання вторинних енергетичних ресурсів: м'якої пари і конденсату, тепла димових газів, тепла гарячих нафтопродуктів та охолоджуючої води;

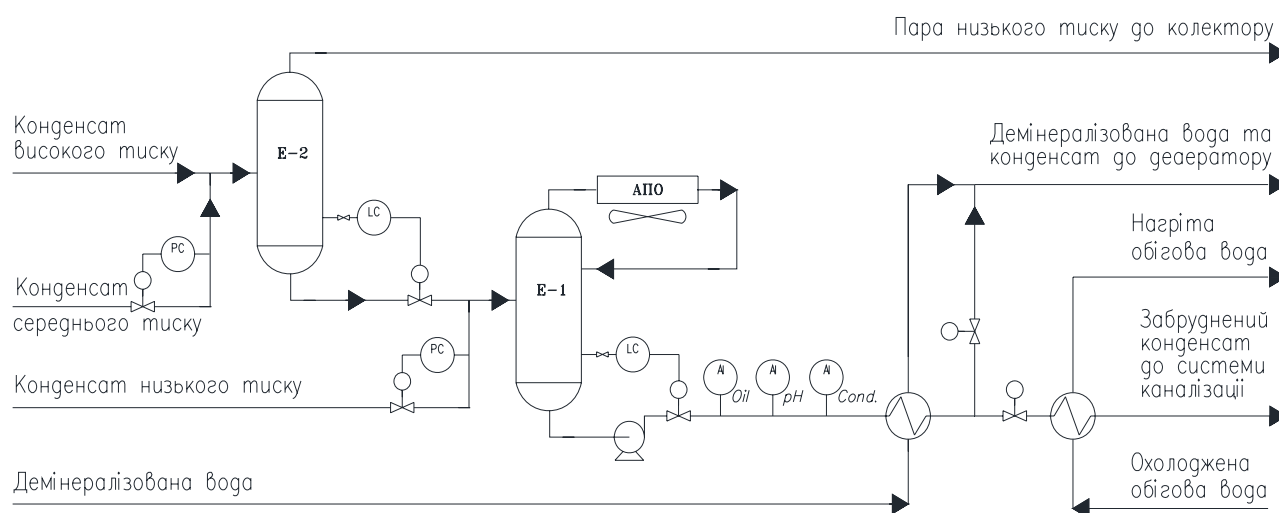
– підвищення рівня матеріальної зацікавленості робітників технологічних установок та виробничих цехів у економії енергоресурсів;

– з'єднати заводські КЗ із резервуарами зберігання демінералізованої води. Це пов'язано з тим, що на окремих технологічних установках відведення уловленого на КЗ конденсату здійс-

нюється тільки для підживлення власних локальних котлоагрегатів. У випадку їхнього ремонту живлення установки водяною парою здійснюється від зовнішніх мереж, а уловлений конденсат із КЗ спрямовується до каналізаційної системи.

– виконати модернізацію існуючих конденсатних станцій згідно до запропонованої принципової технологічної схеми, представленій на рисунку. Конденсат низького тиску спрямовується до герметичної місткості уловленого конденсату Е-1, де надлишковий тиск утримується завдяки пару вторинного закипання з параметрами 0,01–0,02 МПа, 101–105 °С.

Пара вторинного закипання спрямовується до апарату повітряного охолодження (АПО), де конденсується та стікає до місткості Е-1. Конденсат високого та середнього тиску збирається в конденсатозбірнику Е-2, де випаровується за температури 143–145 °С і тиску 0,4–0,42 МПа з утворенням ПНТ, що відводиться до відповідного колектору (див. рисунок).



Принципова технологічна схема автоматизованої конденсатної станції:
Е-1 — конденсатозбірник низького тиску; Е-2 — конденсатозбірник високого тиску;
АПО — апарат повітряного охолодження

Конденсат із КЗ низького тиску Е-1 спрямовується до деаератора після проходження через теплообмінник підігріву демінералізованої води. Відкачування конденсату здійснюється насосами при постійному автоматично регульованому рівні у місткості Е-1. У разі перевищення вмісту шкідливих домішок конденсат в автоматичному режимі відводиться до виробничої каналізації за допомогою відкриття електропровідної арматури по сигналу датчиків $AI_{(oil, cond, pH)}$. При цьому до холодильника дренажного трубопроводу подається обігова вода для зменшення температури скидів до 40 °С.

Реалізація даної схеми на комбінованій установці сірчано-кислотного алкілування та ізомери-

зації дозволила у кінцевому рахунку раціоналізувати водний режим локальної ПКУ, у результаті чого живильна вода котлоагрегатів складалася на 97–98% із поверненого пароконденсату, а підживлення демінералізованою водою було відповідно на рівні 2–3%, що пов'язано з обов'язковими продувки котлоагрегатів та вентиляцію деаератора.

Висновки

На основі комплексного обстеження систем паропостачання встановлено можливість додаткового повернення не менше 5% конденсату від загальної продуктивності ПКУ НПЗ при мінімальних капітальних витратах завдяки модернізації існуючих систем збору та повернення

конденсату. Це призведе до таких позитивних наслідків:

- зменшення видатків на водопостачання завдяки зменшенню потреб НПЗ у воді;
- зменшення витрат реагентів як на установках хімоводопідготовки, так і на очисних спорудах стічних вод;
- зменшення рівня термічного забруднення стічних вод пароконденсатом;
- зменшення кількості продувок котлоагрегатів, завдяки високій якості регенерованого пароконденсату;
- зменшення витрат палива на котельних завдяки поверненню теплого пароконденсату;
- зменшення витрат електроенергії завдяки перекачуванню меншої кількості води та стічних вод.

Не дивлячись на те, що кожний НПЗ має свій унікальний набір технологічних установок, створення загальної бази найкращих практик енергоощадності для усіх НПЗ України дозволить переїмати найкращий досвід та застосовувати відповідні наукоємні технології, що безумовно покращить економічні та екологічні складові діяльності НПЗ.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Self F.**, Ekholm K. Refining Overview Petroleum, Process and Products. Texas: Bowers American Institute of Chemical Engineering, 2000. 150 p.
2. **Steam System Opportunity Assessment for the Pulp and Paper, Chemical Manufacturing, and Petroleum Refining Industries.** US Department of Energy. URL: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/05/f15/steam_assess_mainreport.pdf
3. **Степанов А. В.**, Сульжик Н. И., Горюнов В. С. Рациональное использование сырьевых и энергетических ресурсов при переработке углеводородов. Киев: Техника, 1989. 170 с.
4. **Рудин М. Г.**, Арьсеньев Г. А., Васильев А. В. Общезаводское хозяйство нефтеперерабатывающего завода. М.: Химия, 1978. 310 с.
5. **Стоцкий Л. Р.** Теплосиловое хозяйство предприятий нефтяной и газовой промышленности. М.: Гостоптехиздат, 1959. 552 с.
6. **Official site of Spirax Sarco.** URL: <https://beta.spiraxsarco.com/Learn-about-steam>
7. **Техніко-економічне** обґрунтування реконструкції ВАТ «НПК-Галичина», ВАТ «Укрнафтохімпроект». Київ, 2007. 345 с.
8. **Технико-экономическое** обоснование реконструкции ЗАО «Херсонский НПЗ», ОАО «Укрнефтехимпроект». Киев, 2007. 246 с.
9. **Заключительный** отчет по проекту модернизации нефтеперерабатывающего завода компании «Укртатнафта», LG Engineering and Construction Corp. Киев, 2004. 278 с.
10. **Капустин В. М.**, Рудин М. Г., Кудинов А. М. Технология переработки нефти. В 4-х ч. Часть четвертая. Общезаводское хозяйство. М.: Химия, 2017. 319 с.
11. **РД-34.37.515-93.** Методические указания по очистке и контролю возвратного конденсата. [Действительный от 1994-01-01]. М.: Департамент науки и техники РАО «ЕЭС России», 1998. 348 с.
12. **ГОСТ Р 55682.12-2013/ЕН 12952-12:2003.** Котлы водотрубные и котельно-вспомогательное оборудование. Требования к качеству питательной и котельной воды. [Действительный от 2013-11-13]. М.: Национальный стандарт РФ, 2013. 47 с.
13. **ГОСТ 20995-75.** Котлы паровые стационарные давлением до 3,9 МПа. Показатели качества питательной воды и пара. [Действительный от 1975-07-09]. М.: Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР, 1975. 58 с. (Межгосударственный стандарт).
14. **Petroleum refining water/wastewater use and management.** Operations Best Practice Series. URL: http://www.savetexaswater.org/bmp/industrial/doc/Refining_Water_Best_Practices.pdf
15. **Pearce K.**, Whyte D., Pearce K. Water and wastewater management in the oil refining and re-refining industry. Republic of South Africa: Water research commission. 2005. 56 p.
16. **Louis E.**, Otts Jr. Water requirements of the petroleum refining industry. Washington: U.S. Government printing office. 1963. 340 p.
17. **Вдовенко С. В.** Залежність швидкості процесу біологічного очищення нафтовмісних стічних вод від температури на очисних спорудах НПЗ. *Екологічна безпека держави: Праці всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів* (Київ, 20 квітня 2017 р.) Київ, 2017. С. 36–37.
18. **Лурье Ю. Ю.** Аналитическая химия промышленных сточных вод. М.: Химия, 1984. 448 с.
19. **Овсянник Н. В.**, Макеева Е. Н., Степанишина Ю. А. Водоподготовка и водный режим котельных установок: практикум по одному курсу для студентов специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» днев. и заоч. форм обучения. Гомель, 2016. 52 с.
20. **Bloom D.** Strategies in optimizing condensate return. URL: <http://www.dieselduck.info/machine/05%20steam/Make%20Your%20Steam%20System%20Efficient%203.pdf>
21. **Jonas O.** Combined Water Treatment Improves Boiler Reliability. *Power*. 1984. Vol.128. №4. P. 112–114.
22. **ВУТП-97.** Ведомственные указания по технологическому проектированию производственного водоснабжения, канализации и очистки сточных вод предприятий нефтеперерабатывающей промышленности. [Действительный от 1997-08-22]. М.: Министерство топлива и энергетики РФ, 1997. 49 с.

23. **Методика** расчета выбросов капель и содержащихся в них загрязняющих веществ из градирен. [Действительный от 1992–04–02]. СПб.: Концерн «Алюминий», 1992. 69 с.

24. **Пономаренко В. С.**, Арефьев Ю. И. Градирни промышленных предприятий и энергетических комплексов. М.: Энергоатомиздат, 1998. 376 с.

25. **Шабалин А. Ф.** Обратное водоснабжение промышленных предприятий. М., 1972. 296 с.

Вдовенко С. В., Вдовенко А. В.

РАЦИОНАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЗБОРУ ТА ПОВЕРНЕННЯ КОНДЕНСАТУ В ТЕПЛОСИЛОВОМУ ГОСПОДАРСТВІ НАФТОПЕРЕРОБНОГО ЗАВОДУ

Нафтопереробні заводи є значними споживачами теплової енергії, що постачається до технологічних установок та об'єктів загальнозаводського господарства у вигляді водяної пари різних параметрів та гарячої води. За допомогою аналізу проектної документації та натурного обстеження підприємств нафтоперероблення України та країн СНД встановлено, що кожен НПЗ має свою унікальну систему збору, очищення та повернення парового конденсату до джерел паропостачання (ТЕЦ або котельні установки). Ці системи у більшості випадків морально та технічно застаріли і не відповідають сучасним вимогам енергоощадності. Збільшення проценту повернення конденсату, створення раціонально організованої системи його збору, очищення та повторного використання дозволяє досягти значної економії теплової енергії.

Неконтрольований скид пароконденсату до каналізаційної мережі не може бути виправданий нічим, окрім як недостатнім контролем за водовідведенням або при дуже високому рівні забруднення пароконденсату. На прикладі діючого НПЗ проведено детальну роботу по вивченню причин та наслідків нештатних втрат пароконденсату і водяної пари, розроблено та частково втілено у виробництво технічні рішення щодо мінімізації цих втрат.

Встановлено, що потрапляння теплого конденсату до системи каналізації у літній період року викликає підвищення температури стічних вод до критичної межі у 42 °С, що може призвести до зупинки секцій біохімічного очищення стічних вод і викликати негативні екологічні наслідки.

Доведено, що НПЗ мають значні виробничі резерви щодо раціоналізації системи збору конденсату за допомогою реалізації відносно недорогих технічних рішень, що у результаті дають відчутний економічний ефект завдяки зменшенню споживання енергетичних (вода, вуглеводневе паливо, електрична енергія) та матеріальних (реагенти, фільтруючі засипки) ресурсів.

Ключові слова: котлоагрегат; конденсатна станція; нафтопереробний завод; пароконденсат; енергоощадність; хімічний аналіз; каналізаційна система; очисні споруди.

Vdovenko S.V., Vdovenko A.V.

RATIONALIZATION THE CONDENSATE HARVESTING AND CONDENSATE RETURN SYSTEM AT THE PETROLEUM REFINERY

The petroleum refineries are significant heat energy consumers supplied to process units and utilities as hot water and water steam of various parameters. By the mean of design documentation analysis and the in-depth refineries survey in Ukraine and the CIS countries, it has been proven that each refinery has its unique system of harvesting, treating and returning steam condensate to the sources of steam supply (heat stations or boiler houses). These systems are morally and technically obsoleted in most cases and do not meet modern energy efficiency requirements. By optimizing of condensate return systems significant economy of thermal energy can be achieved.

Uncontrolled discharge of steam condensate to the sewage system can not be justified by anything other than insufficient drainage control or in the case of very high level of the steam condensate contamination. By way of example of the petroleum refinery operation, detailed work was carried out to study the causes and effects of steam condensate and water steam unmoral losses, and technical solutions to minimize these losses were developed and partially embodied in the refinery's production process. It has been established that the drainage of warm condensate into the sewage system in the summer season effects to temperature increasing up to critical limit of 42 °C.

It may cause the biochemical wastewater treatment sections shutdown and result in negative environmental impacts. It was proved that the refineries have significant production reserves for streamlining the condensate harvesting system by implementing relatively inexpensive technical solutions, which ultimately produce a tangible economic effect by reducing energy and materials consumption (water, hydrocarbon fuel, reagents, electric energy, filter medium).

Keywords: boiler; condensate station; oil refinery; steam condensate; energy conservation; chemical analysis; sewage system; water treatment plant.

Вдовенко С. В., Вдовенко А. В.

РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ СБОРА И ВОЗВРАТА КОНДЕНСАТА В ТЕПЛОСИЛОВОМ ХОЗЯЙСТВЕ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА

Нефтеперерабатывающие заводы являются крупными потребителями тепловой энергии, поставляемой для технологических установок и объектов общезаводского хозяйства в виде водяного пара различных параметров и горячей воды. Путем анализа проектной документации и натурного обследования предприятий нефтепереработки Украины и стран СНГ установлено, что каждый НПЗ имеет свою уникальную систему сбора, очистки и возврата парового конденсата к источникам пароснабжения (ТЭЦ или котельные установки). Эти системы в большинстве случаев морально и технически устарели и не отвечают современным требованиям энергосбережения. Увеличение процента возврата конденсата, создание рационально организованной системы его сбора, очистки и повторного использования позволяет достичь значительной экономии тепловой энергии. Неконтролируемый сброс пароконденсата в канализационную сеть не может быть оправдан ничем, кроме как недостаточным контролем за водоотведением или при очень высоком уровне загрязнения пароконденсата. На примере действующего НПЗ проведена детальная работа по изучению причин и последствий нештатных потерь пароконденсата и водяного пара, разработаны и частично воплощены в производство технические решения по минимизации этих потерь. Установлено, что попадание теплого конденсата в систему канализации в летний период года вызывает повышение температуры сточных вод до критической черты в 42 °С, что может привести к остановке секций биохимочистки сточных вод и вызвать нежелательные экологические последствия. Доказано, что НПЗ имеют значительные производственные резервы по рационализации системы сбора конденсата путем реализации относительно недорогих технических решений, которые в результате дают ощутимый экономический эффект за счет уменьшения потребления энергетических (вода, углеводородное топливо, электрическая энергия) и материальных (реагенты, фильтрующие засыпки) ресурсов.

Ключевые слова: котлоагрегат; конденсатная станция; нефтеперерабатывающий завод; пароконденсат; энергосбережение; химический анализ; канализационная система; очистные сооружения.

Стаття надійшла до редакції 29.03.2019 р.

Прийнято до друку 24.04.2019 р.