

УДК 66

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ УСТАНОВКИ СТАБИЛИЗАЦИИ КОНДЕНСАТА  
С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ НАГРЕВОМ НА КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ  
КС «КРАСНОДАРСКАЯ»**

**EFFICIENCY OF THE PLANT CONDENSATE STABILIZATION WITH  
AN INTERMEDIATE HEATING  
ON COMPRESSOR STATION «KRASNODAR»**

**Ясьян Юрий Павлович**

доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой технологии нефти и газа,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Сыроватка Владимир Антонович**

аспирант кафедры технологии нефти и газа,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
Antonuch2015@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье проведен пробный расчет процесса сепарации на установке стабилизации конденсата модернизированной компрессорной станции КС «Краснодарская». Расчет проведен с целью определения эффективности работы установки стабилизации конденсата трапным методом с промежуточным нагревом, введенной в действие в 2014г. В статье рассмотрена взаимосвязь эффективности работы установки стабилизации конденсата с потерями целевых компонентов на факел. Результаты расчетов в статье представлены в виде графиков и таблиц. Данные таблиц и графиков, представляющие наглядность процесса сепарации с промежуточным нагревом, могут использоваться при корректировке технологического режима получения стабильного конденсата, для повышения эффективности работы установки стабилизации конденсата КС «Краснодарская».

**Ключевые слова:** Газовый конденсат, сепарация, стабилизация конденсата, технологические параметры, эффективность работы.

**Yasyan Yuriy Pavlovich**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Head of the Department of Oil  
and Gas Technology  
Kuban State University of Technology

**Surovatka Vladimir Antonovich**

Graduate student of oil  
and gas processing,  
Kuban State University of Technology  
Antonuch2015@mail.ru

**Annotation.** In this paper carried out research on the calculation of the separation process condensate stabilization upgraded compressor station «Krasnodar». The calculation was performed to determine the effectiveness of the stabilization unit on condensate drain method with intermediate heating, entered into force in 2014. The article clearly shows the relationship of the efficiency of the installation of condensate stabilization with losses of target components on the torch. The calculation results are presented in an article in the form of graphs and tables. Data tables and graphs representing the visibility of the separation process with intermediate heating can be used to adjust the process receiving stable condensate, to improve the efficiency of the plant condensate stabilization CS «Krasnodar».

**Keywords:** Gas condensate, separation, condensate stabilization, process parameters, work efficiency.

Сегодня одна из основных тенденций развития системы магистральных газопроводов состоит в существенном увеличении мощности технологических агрегатов и трубопроводов установки подготовки газа к транспорту на компрессорной станции магистральных газопроводов. В 2014 г. по заказу ОАО «Газпром» реализован один из важнейших проектов для энергетической инфраструктуры XXII Зимней Олимпиады в г. Сочи: расширение установки подготовки газа к транспорту на КС «Краснодарская» для обеспечения поставок газа в газопровод «Джубга-Лазаревское-Сочи». Установка подготовки газа к транспорту предназначена для извлечения тяжелых углеводородов и паров воды из природного газа с целью предотвращения возможности образования гидратов и выпадения углеводородного конденсата в потоке газа во время его транспортировки по морскому участку газопровода «Голубой поток» [1].

В настоящее время на промышленной площадке установки стабилизации конденсата (УСК) КС «Краснодарская» реализован проектный трапный метод стабилизации с промежуточным нагревом конденсата в теплообменниках, для достижения, требуемого по ГОСТу Р54389-2011 «Конденсат газовый стабильный. Технические условия» стабильного конденсата. Для установки стабилизации конденсата были установлены два проточных электронагревателя [1]. Проектный расчет оборудования УСК КС «Краснодарская» был выполнен с учетом увеличения мощности и изменения состава конденсата [3].

Установка стабилизации конденсата КС «Краснодарская» представлена на схеме 1. Работа УСК согласно схемы 1 осуществляется следующим образом: водоконденсатная смесь, полученная после охлаждения газа регенерации на установке осушки и отбензинивания сырого газ 1, подается в сепаратор высокого давления, из которого жидкую фазу отводят в первый 3-х фазный сепаратор низкого давления 2. Из сепаратора 2 подтоварную воду отводят на утилизацию через дренажную емкость 3, а нестабильный конденсат отводят во второй 3-х фазный сепаратор низкого давления 4. Из сепаратора 4 подтоварную воду отводят на утилизацию через дренажную емкость 3, а нестабильный конденсат направляют через рекуперативный теплообменник 5 и подогреватель 6 в сепаратор низкого давления 7. Угледородный газ дегазации из сепаратора высокого давления направляют в поток сырого газа, который подается на установку осушки и отбензинивания газа 1. Угледородный газ дегазации из первого 3-х фазного сепаратора низкого давления 2, второго 3-х фазного сепаратора низкого давления 4 и сепаратора низкого давления 7 направляют на факел. Стабильный конденсат из сепаратора низкого давления 7 с помощью центробежного насоса 8 направляют на склад через рекуперативный теплообменник 5 и охладитель стабильного конденсата 9.

С вводом дополнительных мощностей на КС «Краснодарская» максимальная производительность по сырому газу возросла с 50 до 73,2 млн м<sup>3</sup> в сутки [2]. При этом выработка конденсата по прогнозам проектного института ОАО «Гипроокислород» [3] будет увеличиваться и составит до 6–7 т/ч. При этом количество сбросных газов дегазации на УСК КС «Краснодарская», при трапном методе стабилизации конденсата с промежуточным нагревом, может увеличиться до значительных объемов. В условиях увеличения производительности КС и изменения текущего состава сырого газа появилась необходимость решения проблемы увеличения количества сбросных газов дегазации и потерь целевых компонентов на факел. Эффективность работы УСК состоит в решении указанной проблемы. Для снижения количества газа дегазации и уноса целевых углеводородов конденсата на факел в данных условиях необходима оперативная аналитическая корректировка основных параметров технологического режима. Для изучения указанной зависимости, с целью определения эффективности работы УСК (Схема 1) нами проведен пробный расчет процесса сепарации на УСК.

Расчет стабилизации конденсата на УСК КС «Краснодарская» был проведен для нестабильного конденсата следующего проектного состава:

Таблица 1.

Компонент	Состав, (мольн. проц.)
N <sub>2</sub>	0,0893
CO <sub>2</sub>	0,244
CH <sub>4</sub>	25,9323
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,9572
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,4214
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,1309
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,3229
i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	2,7207
n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	6,1555
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	22,2002
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	14,1614
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	12,2853
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	8,2926
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	6,0403
H <sub>2</sub> O	0,0458
Итого	100

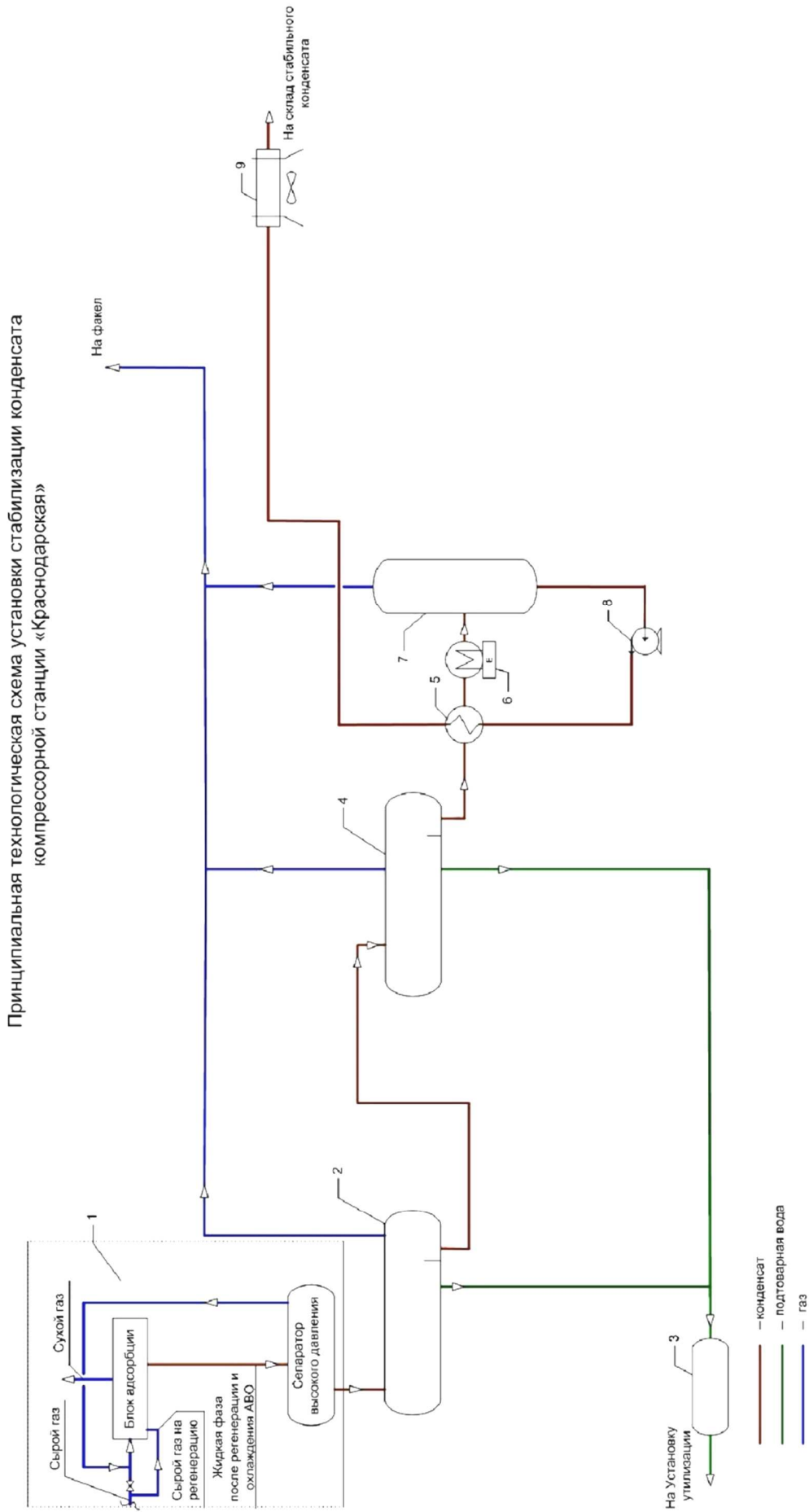


Схема 1

При подборе оптимальных параметров технологического режима сепарации, для оценки эффективности работы УСК был рассчитан показатель давления насыщенных паров по ГОСТу Р54389-2011 для стабильного конденсата и расход сбросных газов на факел.

При проведении расчета варьировались значения температуры и давления по ступеням сепарации, относительно проектного режима работы УСК. Режим работы первой и второй ступени сепарации характеризуется стабильными параметрами технологического режима (табл. 2, 3). Эффективность работы УСК напрямую зависит от третьей ступени сепарации с промежуточным нагревом. Зависимость количества газов дегазации сбрасываемых на факел от температуры и давления ( $P = 0,055$  МПа и  $P = 0,1$  МПа) после промежуточного нагрева представлены на графиках 1 и 2.

Таблица 2 – Результаты расчета процесса сепарации. На входе в первый трехфазный сепаратор расход газоконденсатной смеси = 6230 кг/час

Компонент	Название сепаратора							
	1 сепаратор 3-х фазный		2 сепаратор 3-х фазный		сепаратор низкого давления			
	$P = 0,5$ МПа; $T = 18$ °С		$P = 0,45$ МПа; $T = 18$ °С		$P = 0,055$ МПа; $T = 27$ °С		$P = 0,10$ МПа; $T = 58$ °С	
	Ж	Г	Ж	Г	Ж	Г	Ж	Г
	$P_{н.п.} =$ 566,6 кПа		$P_{н.п.} =$ 511,8 кПа		$P_{н.п.} =$ 66,24 кПа, 496,8 мм.рт.ст.		$P_{н.п.} =$ 66,07 кПа, 495,6 мм.рт.ст.	
молн. доли	молн. доли	молн. доли	молн. доли	молн. доли	молн. доли	молн. доли	молн. доли	
N <sub>2</sub>	0,0000	0,0034	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
CO <sub>2</sub>	0,0005	0,0078	0,0005	0,0074	0,0001	0,0108	0,0001	0,0074
CH <sub>4</sub>	0,0244	0,9254	0,0219	0,9234	0,0015	0,5214	0,0015	0,3475
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,0040	0,0253	0,0039	0,0273	0,0011	0,0715	0,0010	0,0507
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,0036	0,0059	0,0036	0,0065	0,0022	0,0379	0,0018	0,0317
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0015	0,0009	0,0015	0,0010	0,0012	0,0082	0,0011	0,0083
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0038	0,0016	0,0038	0,0018	0,0033	0,0157	0,0030	0,0171
i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0348	0,0057	0,0349	0,0063	0,0338	0,0621	0,0320	0,0815
n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0799	0,0096	0,0801	0,0106	0,0789	0,1084	0,0756	0,1526
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,2967	0,0104	0,2975	0,0114	0,3045	0,1267	0,3022	0,2216
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0,1909	0,0020	0,1914	0,0022	0,1983	0,0260	0,1999	0,0553
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	0,1660	0,0005	0,1665	0,0006	0,1730	0,0072	0,1758	0,0185
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	0,1121	0,0001	0,1124	0,0001	0,1169	0,0016	0,1191	0,0049
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	0,0817	0,0000	0,0819	0,0000	0,0852	0,0004	0,0869	0,0015
H <sub>2</sub> O	0,0001	0,0014	0,0001	0,0014	0,0000	0,0021	0,0000	0,0014
Итого	1	1	1	1	1	1	1	1

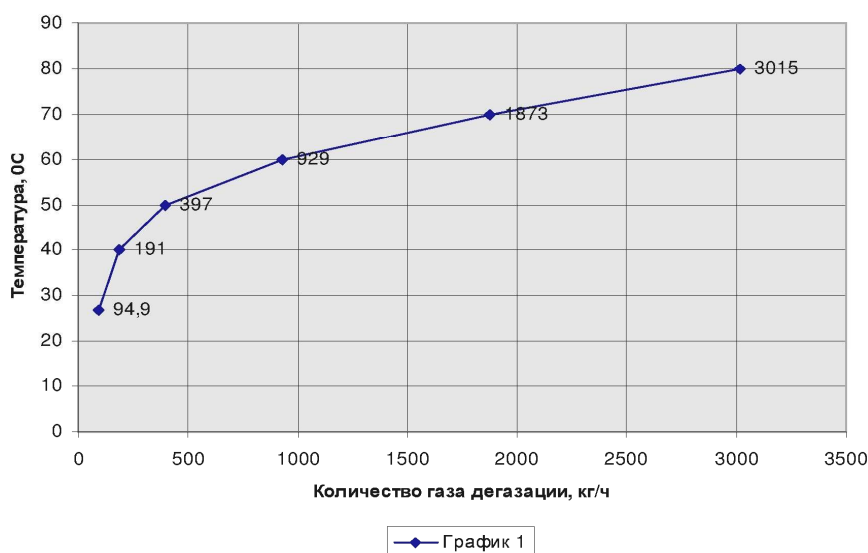
Таблица 3 – Результаты расчета процесса сепарации. На входе в первый трехфазный сепаратор расход газоконденсатной смеси = 6230 кг/ час

Компонент	Название сепаратора							
	1 сепаратор 3-х фазный		2 сепаратор 3-х фазный		сепаратор низкого давления			
	$P = 0,5$ МПа; $T = 18$ °С		$P = 0,45$ МПа; $T = 18$ °С		$P = 0,055$ МПа; $T = 27$ °С		$P = 0,10$ МПа; $T = 58$ °С	
	Ж	Г	Ж	Г	Ж	Г	Ж	Г
	$P_{н.п.} =$ 566,6 кПа		$P_{н.п.} =$ 511,8 кПа		$P_{н.п.} =$ 66,24 кПа, 496,8 мм.рт.ст.		$P_{н.п.} =$ 66,07 кПа, 495,6 мм.рт.ст.	
кг/ч	кг/ч	кг/ч	кг/ч	кг/ч	кг/ч	кг/ч	кг/ч	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
N <sub>2</sub>	0,418	1,9555	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
CO <sub>2</sub>	1,4480	7,1257	1,2458	0,0529	0,1934	1,1015	0,1700	1,1251
CH <sub>4</sub>	23,0888	309,0806	20,7066	2,3966	1,3168	19,3621	1,3664	19,3124

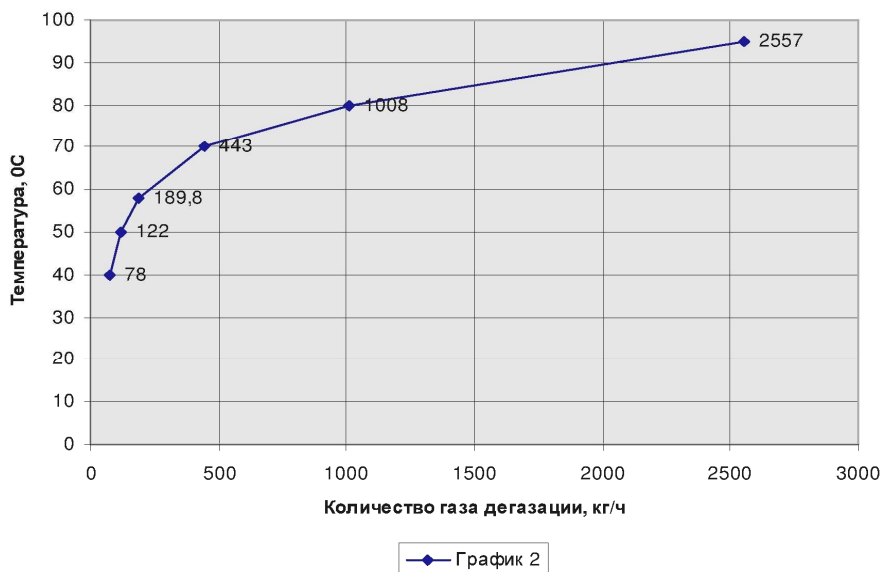
Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	7,1495	15,8314	6,9659	0,1330	1,9230	4,9794	1,6222	5,2805
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	9,4042	5,4325	9,3231	0,0463	5,4786	3,8650	4,4943	4,8493
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	4,9887	1,0860	5,1361	0,0096	4,0298	1,1017	3,4682	1,6633
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	13,0116	1,9734	13,0189	0,0169	10,8937	2,1062	9,5636	3,4363
i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	148,1997	8,5314	148,1178	0,0730	137,8307	10,3760	127,8258	20,3809
n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	340,2018	14,3976	340,1196	0,1233	322,0442	18,1094	302,0202	38,1333
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	1508,9016	18,6119	1508,9248	0,1590	1483,6956	25,2829	1442,8203	66,1582
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	1128,3848	4,2336	1128,9672	0,0361	1122,7952	6,0425	1109,6571	19,1806
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	1119,2002	1,2843	1119,1585	0,0109	1117,5311	1,9125	1112,1323	7,3112
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	848,8878	0,3139	848,5785	0,0027	848,0204	0,4845	846,3084	2,1964
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	686,1143	0,0844	686,0893	0,0007	685,7375	0,1347	685,1539	0,7183
H <sub>2</sub> O	0,1204	0,5384	0,1024	0,0040	0,0173	0,0888	0,0155	0,0905
Итого	5839,5194	390,4806	5836,4545	3,0649	5741,5073	94,9472	5646,6182	189,8363

Зависимость количества газа дегазации от температуры в сепараторе низкого давления, P=0,055МПа



Зависимость количества газа дегазации от температуры в сепараторе низкого давления, P=0,1МПа



Из графиков 1 и 2 следует что повышение температуры на 10 °С в сепараторе низкого давления, соответствует увеличению расхода сбросных газов на факел в 1,5–2 раза (максимально до 3 т/ч). Точная и оперативная корректировка режима стабилизации УСК КС, в условиях изменения текущего расхода и состава конденсата, решит проблему потерь целевых компонентов на факел и повысит эффективность работы УСК КС «Краснодарская».

Результаты расчета наиболее эффективного режима работы УСК для проектного состава конденсата (табл. 1) при давлении насыщенных паров по ГОСТу Р54389-2011 для стабильного конденсата и при минимальных потерях целевых углеводородов на факел представлены в таблице 2 и 3.

#### **Выводы.**

Установлено, что для данной установки стабилизации конденсата по ГОСТу Р54389-2011 «Конденсат газовый стабильный. Технические условия» наиболее существенное влияние на количество и качество товарного конденсата оказывает изменение температуры и давления на третьей ступени сепарации, после промежуточного нагрева.

Определен наиболее эффективный режим (табл. 2 и 3) работы УСК для проектного состава конденсата, который позволит сократить расход сбросных газов дегазации на факел в условиях проектного изменения производительности КС «Краснодарская». Полученные результаты расчетов обеспечат более эффективную технологию стабилизации конденсата, увеличат количество и улучшат качество конденсата при одновременном снижении потерь газов дегазации на факел и снижении энергозатрат производства для проектного состава конденсата. В условиях изменения состава и количества сырого газа, эффективность работы УСК КС напрямую зависит от аналитического контроля и корректировки режима стабилизации конденсата УСК. Снижение расхода сбросных газов дегазации и потерь целевых компонентов на факел, сделает работу установки стабилизации конденсата КС «Краснодарская» эффективной, в условиях действующего производства.

#### **Литература:**

1. Новости предприятий. Компания «ССТЭнергомонтаж» установила проточные электронагреватели на КС «Краснодарская» / и-Маш (i-Mash.ru) // Машиностроительный ресурс. – URL : [http://www.i-mash.ru/news/nov\\_predpr/47652-kompanija-sstjenergomontazh-ustanovila-protocnyye.html](http://www.i-mash.ru/news/nov_predpr/47652-kompanija-sstjenergomontazh-ustanovila-protocnyye.html) и-Маш (i-Mash.ru). (дата обращения: 14/02/2015).
2. Романов И. КС «Краснодарская»: Мощнее и технологичнее / И. Романов // «СТО Строительство Технологии Организация». – 2014. – №1. – С. 36–37. – URL : [http://stopress.ru/jurnal/files/sto26/files/assets/common/downloads/page\\_0039.pdf](http://stopress.ru/jurnal/files/sto26/files/assets/common/downloads/page_0039.pdf) (дата обращения: 14/02/2015).
3. КС «Краснодарская» (газопровод «Голубой поток») /omz.ru // ОМЗ Объединенные Машиностроительные заводы. – URL : <http://www.omz.ru/project/project4> omz.ru (дата обращения: 14/02/2015).

#### **References:**

1. News enterprises. Company «SSTenergomontazh» set flow heaters at CS «Krasnodar» / i -Mash (i-Mash.ru) // Machine resource. – URL : [http://www.i-mash.ru/news/nov\\_predpr/47652-kompanija-sstjenergomontazh-ustanovila-protocnyye.html](http://www.i-mash.ru/news/nov_predpr/47652-kompanija-sstjenergomontazh-ustanovila-protocnyye.html) i -Mash (i-Mash.ru) (date accessed : 02/14/2015) .
2. Romanov I. CS «Krasnodar» : powerful and technologically / I. Romanov // «СТО Construction Technology Organization». – 2014. – № 1. – P. 36–37. – URL : [http://stopress.ru/jurnal/files/sto26/files/assets/common/downloads/page\\_0039.pdf](http://stopress.ru/jurnal/files/sto26/files/assets/common/downloads/page_0039.pdf) (date accessed : 02/14/2015) .
3. CS «Krasnodar» (pipeline «Blue Stream») /omz.ru// OMZ. – URL : <http://www.omz.ru/project/project4> omz.ru. (date accessed : 02/14/2015).