

УДК 661.93

**В.И. Файнштейн**ОАО «Криогенмаш», пр. Ленина, 67, г. Балашиха Московской области, РФ, 143907  
e-mail: fainshtein@cryogenmash.ru

## РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА СОДЕРЖАНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТОКАХ ЖИДКОГО КИСЛОРОДА ВРУ, ОСНАЩЁННЫХ БЛОКАМИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА

*Систематический контроль за содержаниями опасных примесей в технологических потоках воздуходелительных установок — одно из основных и важных мероприятий, выполняемых их эксплуатационным персоналом в общем комплексе работ по обеспечению взрывобезопасности. Материалы о результатах такого контроля, проводимого после соответствующей их обработки, позволяют оценить текущую обстановку путём сравнения результатов анализов с установленными нормативами. Наряду с этим можно проанализировать совершенство технологических схем установок и эффективность используемых средств очистки, а также выявить особенности работы установок на конкретных предприятиях. Указанные сведения представляют интерес как для предприятий, создающих ВРУ, так и для работников, эксплуатирующих установки. ОАО «Криогенмаш» уже в течение многих лет проводит такую работу. Обобщены и проанализированы некоторые результаты мониторинга содержания углеводородов в жидком кислороде воздуходелительных установок.*

**Ключевые слова:** Жидкий кислород. Воздух. Углеводороды. Первичный криптонный концентрат. Мониторинг загрязнённости. Блок комплексной очистки воздуха. Без-опасность.

**V.I. Fainshtein**

## RESULTS OF MONITORING THE HYDROCARBONS CONTENT AT TECHNOLOGICAL FLOW OF LIQUID OXYGEN OF ASP, EQUIPPED BY BLOCKS OF COMPLEX AIR CLEANING

*Systematic monitoring the content of dangerous impurities in the process flows of the air separation plants (ASP) is one of the basic and important actions executed by the operating personnel of ASP in a common range of operations for ensuring the explosion safety. The data about results of such monitoring after relevant processing, allow the current situation to be estimated by comparing the results of analyses with the established standards. In addition, we may to analyze the improvement of the process flow diagrams of the plants and the efficiency of the applied methods of purification, and to reveal the features of the plants operating at the specific enterprises. The specified data are undoubtedly of interest both for the companies developing ASP, and for the personnel operating the plants. JSC «Cryogenmash» has been already involved in such work for many years. Some results of monitoring of contents of hydrocarbons in liquid oxygen ay air separation plants are considered and analysed.*

**Keywords:** Liquid oxygen. Air. Hydrocarbons. Primary krypton concentrate. Monitoring of contamination. Front-end air purification unit. Safety.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Систематический контроль за содержаниями опасных примесей в технологических потоках воздуходелительных установок — одно из основных и важных мероприятий, обеспечивающих их взрывобезопасность [1,2].

В течение последних 10-15 лет происходило внедрение блоков комплексной очистки воздуха (БКО) в

воздуходелительные установки (ВРУ), работающие по схемам низкого давления. При этом выпуск установок с другими средствами очистки воздуха (регенераторы или реверсивные пластинчато-ребристые теплообменники) был прекращён. В то же время на многих производствах продуктов разделения воздуха (ППРВ) продолжают эксплуатировать установки со старыми системами очистки, несмотря на то, что там вводятся в работу и новые установки.

Сравнение результатов контроля за содержаниями опасных примесей в установках с различным набором средств очистки, а также их анализ позволяют разрабатывать рекомендации по совершенствованию систем обеспечения взрывобезопасности современных ВРУ.

Исходя из этих соображений, работу по мониторингу загрязнённости жидкого кислорода углеводородами в установках, оснащённых БКО, которую мы проводили ряд лет, было решено продолжить в 2007 г. Письма с приглашением участвовать в указанной работе были направлены на 16 предприятий, в том числе на 6 предприятий, где наряду с отечественными ВРУ используются введённые в эксплуатацию крупные зарубежные установки.

К настоящему времени нами получены содержательные ответы от 10-ти предприятий. Некоторые из полученных данных обработаны и представлены в рисунках и таблицах. Необходимо отметить, что предприятиями подготовлены материалы по содержаниям углеводородов в установках с различными вариантами технологических схем, в том числе с получением первичного криптонового концентрата и без него, с адсорбером на потоке жидкого кислорода и с адсорбционным циркуляционным контуром. Для ссылок на различные ВРУ введены условные обозначения, использованные в последующих таблицах и рисунках (см. табл. 1).

В статье изложены результаты анализа обработанных исходных материалов.

**Таблица 1.** Обозначения различных типов установок

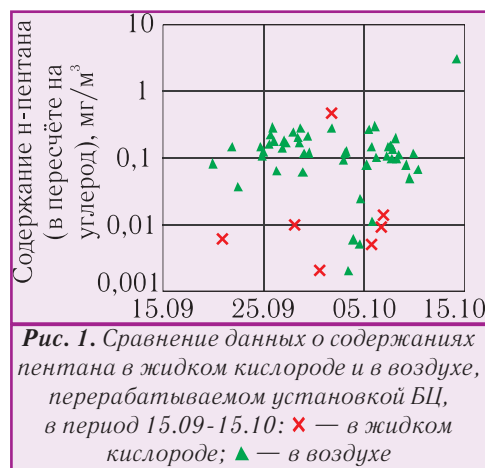
Обозначение	Особенности технологической схемы			
	БКО (Б) / Регенераторы (Р)	Адсорбер (А) / Цирк. контур (Ц)	Получение ПКК (Кр)	Количество ступеней испарения в узле ПКК
РЦ	Р	Ц	нет	нет
БЦ	Б	Ц	нет	нет
БЦКр1	Б	Ц	Кр	1
БАКр1	Б	А	Кр	1
БЦКр2	Б	Ц	Кр	2
БАКр1	Б	А	Кр	1
БАКр1	Б	А	Кр	1
БЦКр2	Б	Ц	Кр	2
РЦКр2	Р	Ц	Кр	2
БВс	Б	Внутреннее сжатие (Вс)	нет	нет

## 2. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА

Изучение полученных материалов дало возможность проанализировать совершенство технологических схем ВРУ и эффективность используемых в них средств очистки с учётом особенностей работы установок на конкретных предприятиях. Рассмотрим

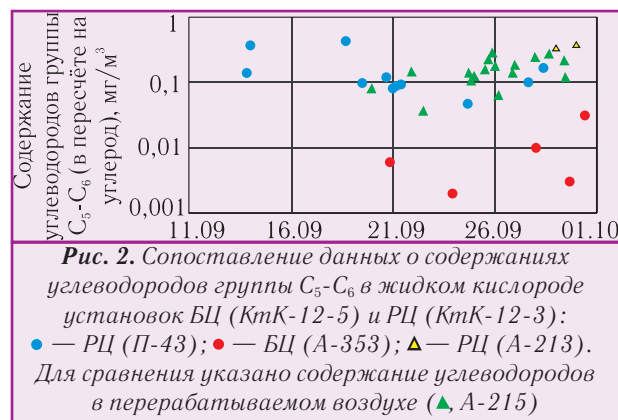
основные результаты.

1. На большинстве ППРВ, оснащённых установками с БКО, содержания в жидком кислороде углеводородов с четырьмя и более атомами углерода находятся на уровне, который ниже порога чувствительности хроматографов (около 0,01 мг/нм<sup>3</sup> в пересчёте на углерод). На некоторых производствах такие углеводороды наблюдаются в жидком кислороде эпизодически, причём максимальные их содержания в отдельных анализах достигают иногда уровня 1 мг/нм<sup>3</sup> в пересчёте на углерод и более при среднесуточных и, тем более, среднемесячных значениях, составляющих менее 0,1 мг/нм<sup>3</sup>. На Среднеуральском медеплавильном заводе (СУМЗ, г. Ревда) появление повышенных содержаний таких углеводородов в жидком кислороде чётко коррелируется с периодами резкого повышения их содержаний в перерабатываемом воздухе, что подтверждается рис. 1.



**Рис. 1.** Сравнение данных о содержаниях пентана в жидком кислороде и в воздухе, перерабатываемом установкой БЦ, в период 15.09-15.10: × — в жидком кислороде; ▲ — в воздухе

Содержания углеводородов группы C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub> в жидком кислороде на установке с БКО находятся на уровне более низком, чем в установке с регенераторами (см. рис. 2). На этом рисунке содержания углеводородов приведены для аппаратов установок: П-43; А-353; А-213 и А-215.



**Рис. 2.** Сопоставление данных о содержаниях углеводородов группы C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub> в жидком кислороде установок БЦ (КтК-12-5) и РЦ (КтК-12-3): ● — РЦ (П-43); ● — БЦ (А-353); ▲ — РЦ (А-213). Для сравнения указано содержание углеводородов в перерабатываемом воздухе (▲, А-215)

2. Лёгкие углеводороды (метан, этан, этилен, пропан, пропилен) наблюдаются в жидком кислороде практически всех установок. Средний уровень содержаний

**Таблица 2.** Содержания углеводородов в пересчёте на углерод в жидком кислороде конденсатора установки типа БЦ, мг/дм<sup>3</sup>

Годы	Углеводороды C <sub>1</sub> -C <sub>3</sub>		Углеводороды C <sub>3</sub> -C <sub>4</sub>		Углеводороды C <sub>5</sub> и более тяжёлые	
	Макс. средне- месячное	Максимум	Макс. сред- немесячное	Максимум	Макс. средне- есячное	Максимум
2005	158	245	0,68	5,2	18	34
2006	136	240	0,132	3,5	0,092	0,268
2007	159	348	0,655	3,8	—	—
2008	—	177	—	—	—	0,057

этих углеводородов в жидком кислороде на СУМЗ за достаточно длительный период приведён в табл. 2.

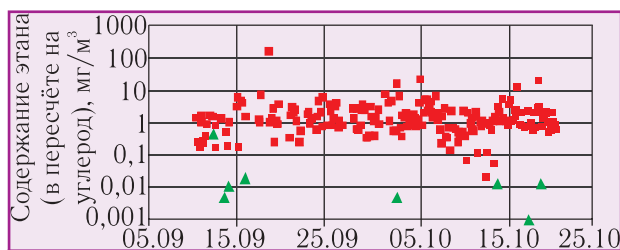
Учитывая, что этан, этилен, пропан, пропилен незначительно задерживаются в адсорберах БКО, их содержания в жидком кислороде на установках с такой системой очистки воздуха при отсутствии адсорбционного циркуляционного контура практически пропорциональны содержаниям в перерабатываемом воздухе и зависят только от расхода жидкого кислорода, выводимого из аппаратов.

При этом по средним значениям за достаточно длительный период содержания этана, этилена, пропана, пропилена в жидком кислороде на установке с БКО (КтК-12-5) оказываются заметно выше, чем в жидком кислороде на установке с регенераторами (КтК-12-3) (при достаточно близких значениях расхода жидкого кислорода, циркулирующего через адсорбер, и проточности в конденсаторе-испарителе, из которого отбирались пробы на анализ).

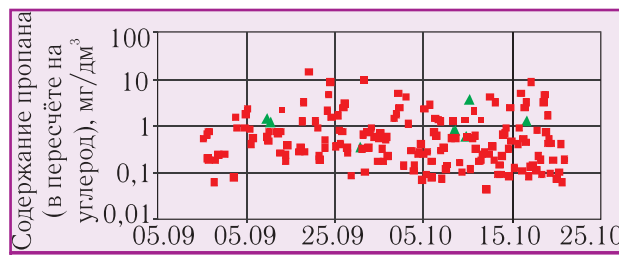
числе случаев в установках с БКО и циркуляционным адсорбционным контуром содержания углеводородов тяжелее пропана в жидком кислороде находятся на уровне меньшем порога чувствительности используемых хроматографов и значительно меньше предельно допустимых. Значение содержания этих примесей встречаются, как правило, в очень малом числе анализов. В то же время, иногда наблюдаются ситуации, в большинстве случаев связанные с резким повышением загрязнённости перерабатываемого воздуха, когда значительно возрастает частота появления в анализах жидкого кислорода углеводородов C<sub>4</sub> и более тяжёлых. Причём их концентрации достигают предельных значений и даже превосходят их (см., на-пример, рис. 6). Повышение интенсивности адсорбционной очистки жидкого кислорода и увеличение проточности, наряду с мерами по выявлению источников повышенной загрязнённости воздуха и их подавлению, могут позволить исключить возникновение аварийных ситуаций в таких условиях.

воздухе). В то же время, от этилена и пропана эффективность очистки в БКО ВРУ заметно выше.

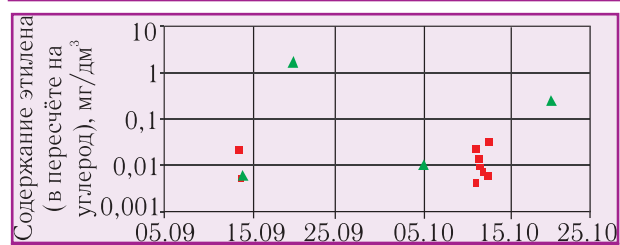
4. Весьма важным является тот факт, что в подавляющем



**Рис. 3.** Характер изменения содержаний этана в жидком кислороде и в перерабатываемом установкой БЦ воздухе: ▲ — в воздухе; ■ — в жидком кислороде



**Рис. 5.** Изменения во времени содержаний пропана в жидком кислороде и в воздухе, перерабатываемом установкой БЦ: ■ — в жидком кислороде; ▲ — в воздухе

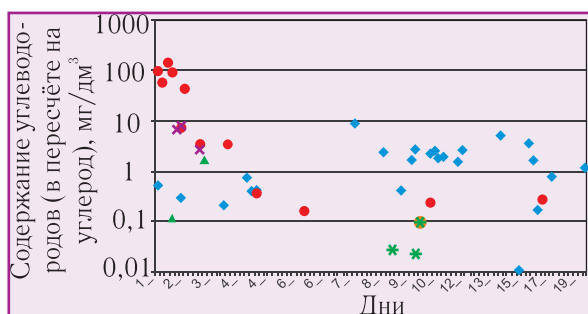


**Рис. 4.** Сопоставление данных о содержаниях этилена в жидком кислороде и в перерабатываемом установкой БЦ воздухе: ■ — в жидком кислороде; ▲ — в воздухе

3. Из данных, приведённых на рисунках 3-5, следует, что эффективность очистки воздуха в БКО от этана очень мала (содержания этана в жидком кислороде значительно выше, чем в перерабатываемом

Эпизодическое появление углеводородов группы C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub>, а иногда и ацетилена в жидком кислороде на установках, оснащённых БКО, объяснить достаточно сложно. Известно, что адсорбционная ёмкость цеолитов по этим примесям значительно выше, чем по диоксиду углерода. Соответственно и время защитного действия должно быть большим, если обеспечивается достаточно глубокая регенерация. Можно ожидать, что глубина очистки в БКО от рассматриваемых углеводородов выше, чем от CO<sub>2</sub>, так как по имеющимся данным уровень загрязнённости очищаемого воздуха от этих углеводородов в сотни раз меньше, чем от CO<sub>2</sub>. В то же время, тепловой режим регенерации адсорберов БКО, в значительной степени влияющий на экономические показатели ВРУ, выбирается, в первую очередь, с целью обеспечения надлежащей реге-

нерации цеолита по диоксиду углерода и влаге. По-видимому, принимаемый при этом уровень температуры регенерирующего газа на выходе из адсорбера, при котором заканчивается регенерация (около 150 °С), недостаточен для обеспечения полной десорбции рассматриваемых углеводородов. Поэтому они постепенно от цикла к циклу накапливаются адсорбентом, перемещаются по слою и могут, очевидно, при определенных условиях выноситься воздухом из адсорберов. Подобное объяснение кажется достаточно правдоподобным, если не учитывать, что во многих случаях наблюдается достаточно четкая связь между появлением углеводородов группы C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub> в жидком кислороде и ростом загрязнённости перерабатываемого воздуха.



**Рис. 6.** Изменение содержания углеводородов в жидком кислороде и в перерабатываемом в июле 2004 г. установкой БЦ воздухе (до БКО) в период регистрации всплеска его загрязнённости: x — (C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub>) в воздухе после БКО; ▲ — C<sub>4</sub> в воздухе после БКО; ● — (C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub>) в воздухе до БКО; ◆ — C<sub>4</sub> в жидком кислороде; \* — C<sub>4</sub> в воздухе до БКО; ○ — (C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub>) в жидком кислороде

Обращает на себя внимание тот факт, что при измерениях содержания углеводородов группы C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub> в воздухе после БКО очень редко их количество оказывается на уровне значащих цифр (более 0,01 мг/м<sup>3</sup>). Однако и при столь малых концентрациях они могут вымораживаться в нереверсивных теплообменниках ввиду крайне малого давления насыщенного пара при температурах около 100 К (см. табл. 3). В связи с этим, наиболее вероятно, что указанные углеводороды поступают в узел ректификации и находятся в жидком кислороде, в основном, в виде кристаллов.

Таким образом, именно присутствием рассматриваемых углеводородов в жидком кислороде в виде кристаллов и их неравномерным распределением в объёме жидкости можно объяснить значительный разброс результатов измерений при отборе последовательно нескольких проб и эпизодическое их обнаружение в анализах жидкого кислорода.

5. Для оценки состояния адсорберов БКО, определяющего степень защищенности установки от поступления опасных примесей, можно использовать результаты предусматриваемого РЭ систематического контроля за содержанием диоксида углерода в воздухе после БКО. При этом, если содержание CO<sub>2</sub> после БКО постоянно находится на уровне, зарегистриро-

ванном при вводе установки в эксплуатацию, и соответствует требованиям РЭ, то можно считать, что обеспечивается необходимая эффективность очистки воздуха от взрывоопасных примесей в БКО. Ухудшение очистки от CO<sub>2</sub> может сопровождаться ухудшением очистки и от углеводородов. Поэтому в таких случаях необходимо немедленно принимать меры по восстановлению адсорбционных характеристик цеолита, в том числе и путём проведения высокотемпературной его регенерации.

**Таблица 3.** Содержания некоторых примесей в воздухе, выше которых возможно их вымораживание в пластинчато-ребристых теплообменниках (без учёта коэффициента Вебстера)

Примеси	Давление насыщенного пара при температуре 100 К, Па	Содержание примеси, соответствующее давлению насыщенного пара при 100 К и 0,65 МПа, ppm
Метан	32·10 <sup>3</sup>	5,2·10 <sup>4</sup>
Этан	0,95·10	1,4·10
Этилен	4,1·10	6,5·10
Пропан	0,3·10 <sup>-1</sup>	4,8·10 <sup>-2</sup>
Пропилен	5,6·10 <sup>-2</sup>	8,8·10 <sup>-2</sup>
n-Бутан	2,6·10 <sup>-5</sup>	4,2·10 <sup>-5</sup>
Изобутилен	2,1·10 <sup>-5</sup>	2,3·10 <sup>-4</sup>
Бутен-2 транс	0,19·10 <sup>-5</sup>	1,9·10 <sup>-6</sup>
n-Пентан	0,25·10 <sup>-7</sup>	4·10 <sup>-8</sup>
Пентен-1	6,4·10 <sup>-7</sup>	1·10 <sup>-6</sup>
Ацетилен	0,36	0,56
Диоксид углерода	0,023	0,034
Закись азота	0,06	0,09

6. Следует отметить, что использование в современных ВРУ автоматических хроматографов исключает практически персонал из процесса рассмотрения хроматограмм, так как результаты контроля отражаются непосредственно на дисплее системы управления установкой. Иногда это может оказаться неприемлемым, так как при автоматической обработке хроматограмм не выявляются своевременно появляющиеся изменения в номенклатуре взрывоопасных примесей, поступающих в установку. При ручном анализе и обработке хроматограмм такие изменения всегда находятся под контролем. Поэтому при внедрении автоматического контроля за содержаниями углеводородов в жидком кислороде необходимо всегда предусматривать возможности вывода хроматограмм и обеспечивать их регулярное квалифицированное рассмотрение.

7. Как уже неоднократно отмечалось, наибольшую опасность для ВРУ с БКО представляют форс-мажорные обстоятельства, обусловленные резким повышением содержаний в перерабатываемом воздухе таких углеводородов, как этан, этилен и пропан, а также других взрывоопасных примесей (окись этилена и продукты неполного сгорания, появляющи-

**Таблица 4.** Содержания углеводородов в жидком кислороде в установке БАКр1, ррт

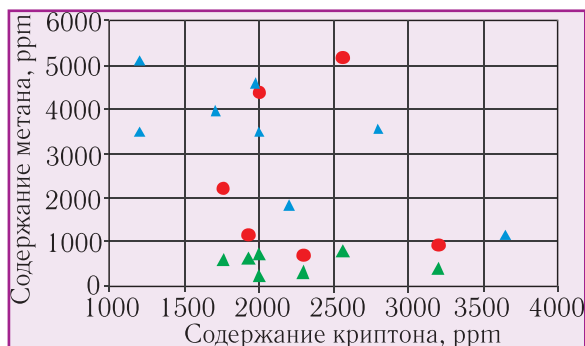
Места отбора потоков для анализа	Метан		Др. углеводороды	
	Макс.	Среднемесячное	Макс.	Среднемесячное
Основной конденсатор	435	256	25	25
После адсорбера жидкого кислорода	380	256	3,5	3,5
Конденсатор криптоновой колонны	4500	4250	—	—

**Таблица 5.** Содержания криптона и метана в ПКК, производимом установками с 1-ой и 2-мя ступенями испарения, ррт

Предприятие	Типы установки				
	БЦКр2			БЦКр1	
	Криптон	Метан в конденсаторе криптоновой колонны	Метан в ПКК	Криптон	Метан в ПКК и в конденсаторе криптоновой колонны
1	1767	580	2219	1200	3500
1	1934	630	1163	1709	3974
1	2564	800	5167	1977	4599
1	—	734	4400	1200	5100
1 <sup>1)</sup>	2000	230	—	2000	3500
2 <sup>1)</sup>	2300	334	707	2200	1848
2 <sup>2)</sup>	3200	415	961	2800	3539
3 <sup>3)</sup>	—	—	—	3650	1160

**Примечание:** <sup>1)</sup> Среднемесячные значения; <sup>2)</sup> максимум значений; <sup>3)</sup> разовый показатель.

еся при лесных и т.п. пожарах). Возникновение подобных обстоятельств крайне маловероятно, если учитывать количество всех эксплуатируемых ВРУ. Однако принципиальная возможность возникновения таких ситуаций применительно к конкретным промышленным площадкам должна всегда приниматься во внимание и учитываться в работе.



**Рис. 7.** Содержания метана в ПКК, производимом разными установками с использованием одной (СИ1) или двух (СИ2) ступеней испарения: ▲ — СИ2, конденсатор; ● — СИ2, ПКК; ▲ — СИ1, ПКК

8. Если еще раз рассмотреть условия обеспечения взрывобезопасности на введенных в последние годы в эксплуатацию крупных ВРУ зарубежного производства, оснащенных оборудованием для получения первичного криптонового концентрата (ПКК), то следует обратить внимание на следующее. В узлах получения ПКК всех этих установок

реализованы схемы с одноступенчатым испарением наиболее насыщенного криптоном и углеводородами потока, которое выполняется в конденсаторе-испарителе пластинчато-ребристого типа. В результате в этом аппарате из-за испарения жидкого кислорода, содержания углеводородов достигают нескольких тысяч ррт. (см. таблицы 4 и 5, рис. 7). При этом общее количество загрязненного жидкого кислорода, находящегося в этом аппарате, достаточно велико. Следовательно, негативные последствия, кото-

рые можно ожидать в случаях резкого повышения содержания метана и других углеводородов в перерабатываемом воздухе и, соответственно, в жидком кислороде, могут быть во много раз тяжелее, чем при двухступенчатой системе испарения.

В установках с двумя ступенями испарения концентрации углеводородов в жидком кислороде, находящемся в конденсаторе криптоновой колонны, в 3-3,5 раза ниже, чем в ПКК (см. табл. 5), а повышенные содержания углеводородов локализованы только в очень небольшом объеме жидкого кислорода, находящемся в конденсаторе-испарителе трубчатого типа и теплом испарителе.

По нашему мнению, безопасная эксплуатация установок с одноступенчатым испарением жидкости при получении ПКК и распространение на такие установки принятых нами нормативов по углеводородам возможна только при непрерывном контроле за содержаниями углеводородов в данном концентрате и автоматическом регулировании режима работы блока его получения в случаях повышения концентраций углеводородов.

9. В установках с внутренним сжатием жидкого кислорода, как и ожидалось, содержания углеводоро-

**Таблица 6.** Содержания углеводородов в установке БВс (в пересчете на углерод), мг/м<sup>3</sup>

Воздух после БКО	СН <sub>4</sub>	Этан, этилен, пропан	С <sub>4</sub>	Тяжёлые
Максимум	8,8	0,38	0,18	0,06
Макс. среднемесячное	2,4	0,16	0,02	0,001
Жидкий кислород	СН <sub>4</sub>	Этан, этилен, пропан	С <sub>4</sub>	Тяжёлые
Максимум	146	1,9	1,3	1,17
Макс. среднемесячное	57	0,27	0,12	0,02

дов в нём значительно меньше, чем в установках других типов (см. табл. 6). Однако и в таких установках углеводороды группы  $C_5$ - $C_6$  эпизодически появляются в жидком кислороде.

### 3. ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Накапливаемые на производствах продуктов разделения воздуха результаты систематического контроля за содержаниями углеводородов в жидком кислороде после их статистической обработки могут представлять значительный интерес как для эксплуатационного персонала, так и для предприятий, разрабатывающих ВРУ.

2. Статистическую обработку указанных материа-

лов по согласованным программам целесообразно проводить непосредственно на предприятиях, эксплуатирующих ВРУ.

3. Начатый в 2007г. ОАО «Криогенмаш» мониторинг содержания углеводородов в жидком кислороде целесообразно продолжить.

### ЛИТЕРАТУРА

1. ПБ 11-544-03. Правила безопасности при производстве и потреблении продуктов разделения воздуха.
2. **Файнштейн В.И.** Кислород, азот, аргон — безопасность при производстве и применении. — М.: Интермет Инжиниринг, 2008. — 198с.



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

# “ТЕХНИЧЕСКИЕ ГАЗЫ”

**ВСЕ О НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗАХ  
И ПРОДУКТАХ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА —  
В ОДНОМ ЖУРНАЛЕ!**








**ИЗДАТЕЛЬ — УКРАИНСКАЯ АССОЦИАЦИЯ  
ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ “УА-СИГМА”**

**ЖУРНАЛ ЗАРЕГИСТРИРОВАН В ГОСКОМИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ  
ПОЛИТИКИ, ТЕЛЕ- И РАДИОВЕЩАНИЯ УКРАИНЫ —  
СВИДЕТЕЛЬСТВО КВ № 4943 ОТ 15.03.2001 Г.  
С 2005 Г. — ОФИЦИАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ ВАК УКРАИНЫ.  
ПЕРИОДИЧНОСТЬ ИЗДАНИЯ — 6 ВЫПУСКОВ В ГОД.  
ОБЪЕМ КАЖДОГО ВЫПУСКА — 72 СТР.  
ПУБЛИКУЕМЫЕ СТАТЬИ РЕФЕРИРУЮТСЯ В РАЗЛИЧНЫХ ЖУРНАЛАХ  
И БАЗАХ ДАННЫХ ВИНТИ РАН (Г. МОСКВА)**

**ЖУРНАЛ ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ СОЗДАНИЕМ,  
ИЗГОТОВЛЕНИЕМ И ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ХОЛОДИЛЬНЫХ И КРИОГЕННЫХ УСТАНОВОК,  
СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ (ГЕЛИЯ, ВОДОРОДА,  
ОКСИДА И ДИОКСИДА УГЛЕРОДА, СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА И ДР.),  
ПРОДУКТОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА, А ТАКЖЕ НАУЧНЫХ РАБОТНИКОВ И СТУДЕНТОВ**

**РУБРИКИ ЖУРНАЛА**

<ul style="list-style-type: none"> <li>– ПРОБЛЕМЫ КРИОГЕННОГО, КИСЛОРОДНОГО, КОМПРЕССОРНОГО И УГЛЕКИСЛОТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ</li> <li>– ПРОЦЕССЫ, ЦИКЛЫ, СХЕМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНЫХ И КРИОГЕННЫХ СИСТЕМ</li> <li>– УСТАНОВКИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА, КОМПРИМИРОВАННОГО И СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА; ДИОКСИДА УГЛЕРОДА И ДР. ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ТЕХНИЧЕСКИЕ ГАЗЫ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ</li> <li>– ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЗОВ И ИХ СМЕСЕЙ. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМАХ</li> <li>– ЭКОНОМИКА ПРЕДПРИЯТИЙ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, БЕЗОПАСНОСТЬ</li> <li>– ПРАКТИКА, НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ</li> </ul>
--	---

**Приглашаем к сотрудничеству производителей,  
учёных, аспирантов и докторантов**

**Для оформления подписки и размещения рекламы  
нужно связаться с редакцией журнала  
по телефону или e-mail.**

**Адрес редакции: а/я 271, г. Одесса-26, Украина, 65026  
Тел./факс: +380 (48) 777-00-87;  
e-mail: uasigma@paco.net;  
http://www.uasigma.odessa.ua**