

УДК 621.593

Г. И. Бумагин

Омский государственный технический университет, пр. Мира, 11, 644099, г. Омск, Россия

А. В. Зиновьева, Е. П. Мовчан, Л. В. Попов, Е. И. Рогальский

Научно-технический комплекс «Криогенная техника», ул. 22-го Партсъезда, 97, корп. 1, 644105, г. Омск, Россия

## АНАЛИЗ ВОЗДУХОРАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ МАЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОНТЕЙНЕРНОГО ТИПА С ВЫДАЧЕЙ ЖИДКИХ ПРОДУКТОВ

*В статье сообщается об исследованиях мобильных воздуходелительных установок малой производительности, основанных на циклах низкого давления. Описываются современные принципы их построения и проблемы создания. Рассматриваются особенности новой схемы воздуходелительной установки для получения жидкого кислорода, обладающей улучшенными техническими характеристиками.*

**Ключевые слова:** воздуходелительная установка; мобильность; цикл низкого давления; жидкий кислород; затраты энергии; дефлегматор.

*The research of small mobile air separation units based on low-pressure cycles is describe in the article. The modern principles and problems of creation are viewing. A new scheme of air separation unit for production of liquid oxygen with improved technical specification.*

**Keywords:** air separation unit; mobility; low-pressure cycle; liquid oxygen; power consumption; dephlegmator.

### ВВЕДЕНИЕ

Большинство воздуходелительных установок (ВРУ) большой и средней производительности, находящихся ещё в эксплуатации, устарели. В настоящее время около 90 % всех ВРУ в России отработали 20 и более лет и в соответствии с [1] должны быть выведены из эксплуатации. В связи с экономическими трудностями как в России, так и в странах «ближнего зарубежья» приобретение новых ВРУ стало серьезной проблемой из-за чрезвычайно высокой их стоимости. Удельная стоимость ВРУ, производящих жидкие продукты разделения воздуха, сегодня составляет по разным оценкам 2–2,5 тыс. USD/kg получаемого жидкого продукта в час. Например, установка производительностью 500 кг/ч жидкого азота (кислорода) стоит приблизительно 1–1,25 млн. USD.

В связи с этим, как временный выход из положения, для дальнейшей эксплуатации таких ВРУ требуется их обследование и реконструкция или модернизация, заканчивающиеся продлением назначенного срока службы [2, 3].

Кроме того, в последнее десятилетие происходит резкое разукрупнение абсолютного большинства предприятий и создание на их базе тысяч новых, более мелких производств — потребителей технических газов, не нуждающихся в крупных ВРУ и желающих иметь полную автономность в обеспечении себя кислородом

или азотом.

Все вышеперечисленные обстоятельства существенно сдвинули область интересов покупателей ВРУ в сторону установок малой производительности. Их мобильность, если они изготавливаются в контейнерном исполнении или в виде готовых модулей полной заводской готовности, относительная дешевизна и универсальность делают такие установки особенно привлекательными для потребителей.

Традиционно такие установки создавались на базе цикла высокого давления (ЦВД). Выбор ЦВД был продиктован его высокой термодинамической эффективностью, что позволяет получать кислород и азот в жидком виде с достаточно высокой степенью извлечения. Высокое давление, используемое в циклах, позволяло выполнять блок очистки и осушки (БОО) и высокоэффективные витые теплообменные аппараты небольших габаритов. Такие установки отличаются достаточно низким удельным энергопотреблением и хорошими массогабаритными характеристиками, простотой конструкции и технического обслуживания; высокой автономностью, возможностью доставки к месту эксплуатации любым видом транспорта; минимальными сроками пуска-наладочных работ (ПНР) и выхода на режим.

Однако ВРУ, базирующиеся на этих циклах, имеют ряд недостатков, обусловленных использованием многоступенчатых поршневых смазываемых компрессоров высокого давления. К ним относятся: низкая надежность, невысокая продолжительность рабочей