

**ГЕНЕРАТОР ЖИДКОГО ВОЗДУХА НА БАЗЕ  
КАСКАДНОГО ЦИКЛА ВНЕШНЕГО ОХЛАЖДЕНИЯ**

**Баранов М. В. (ИТМО)**

**Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Баранов А. Ю.  
(ИТМО)**

**Введение.** В современном быстроразвивающемся мире огромное значение приобретает своевременное обеспечение различных производств ресурсо – сырьевой базой. Одной из наиболее проблемных сфер обеспечения является индустрия производства продуктов разделение воздуха. Плоды работы данной сферы применяются в широком диапазоне промышленности. Наиболее важными из них являются:

- Медицина;
- Пищевая промышленность;
- Космическая индустрия.

В Российской Федерации на данный момент прослеживается тенденция к ухудшению доступа потребителей к продукции воздухоразделительной промышленности. После развала Советского союза большинство предприятий этой отрасли были либо ликвидированы, либо перешли под внешнее (иностранное управление). Характерным и наиболее территориально близким примером является история завода ЛЕНТЕХГАЗ, который был юридически ликвидирован 21.08.2023 [1]. Компания Air Liquid получила контрольный пакет акций этого предприятия в 2012 году [2]. С этого момента началось планомерная ликвидация предприятия. Таким образом мы, как возможные потребители продукта производства данного предприятия, начали тратить большие денежные ресурсы на приобретение криопродуктов.

В Санкт-Петербурге цена на жидкий азот держится в районе 30 рублей за 1 литр, благодаря развитой структуре мелкооптовых поставок, которые выполняют компании посредники. В других регионах ситуация складывается еще плачевнее, поэтому резиденты этих регионов лишены возможности использовать технологии, которые основанных на потреблении продуктов разделения воздуха ввиду отсутствия на их территории соответствующих производств.

Необходимо восстановить производство продуктов воздухоразделения в России, это можно сделать только с привлечением частного капитала.

**Основная часть.** Минимальный объем производства продукции, на начальном этапе развития бизнеса, требует незначительных стартовых инвестиции, что в свою очередь снижает инвестиционные риски предпринимателей. В большинстве случаев в распоряжении потенциальных предпринимателей уже существуют технологии и аппаратура, которые позволяют выпускать конечную продукцию в небольших объемах. В случае успеха производство конечной продукции в малых объемах, собственники расширяют производство и постепенно насыщают рынок своей продукцией.

Применительно к производству продуктов разделения воздуха такая схема развития бизнеса, затрудняется тем, что не существует готовых технологических решений и оборудования пригодных для получения продуктов разделения воздуха, например жидкого азота в малых объемах (до 0,5 м<sup>3</sup> в сутки). Производство продуктов разделения воздуха (ПРВ) в таких объемах может быть направлено на получение сырья для собственного хозяйственного потребления. То есть инвестор вынужденно развивает бизнес по производству ПРВ для того чтобы иметь возможность предоставлять какие-то специфические услуги или продукцию.

В настоящее время на рынке криогенной аппаратуры нет предложений, которые пригодны для организации коммерческой деятельности по снабжению ПРВ в малых объемах. С определенными оговорками поставленной цели примерно соответствуют установки типа

ЗИФ 1002, которые некоторое время назад производились в Санкт-Петербурге. Часовая производительность этих ВРУ по жидкому азоту составляла 10 л (8 кг). Установка ЗИФ 1002 имела высокую степень автоматизации и могла непрерывно производить жидкий азот в течение 78 часов.

В качестве альтернативы установке ЗИФ 1002 можно рассмотреть ранее выпускавшуюся в Советском Союзе ВРУ АЖК-00,2, которая имеет производительность по жидкому азоту 15 л/ч (12 кг/час) [3]. Компрессорная машина данной ВРУ имеет установленную мощность 55 кВт, таким образом удельный расход электроэнергии на получение жидкого азота в этом случае достигает 4,6 кВт час/кг. Наряду с низкой энергоэффективностью эта установка работает по циклу высокого давления с поршневым детандером, поэтому для ее эксплуатации необходимо иметь смену из технических специалистов, а компрессорная установка использует водяное охлаждение.

По эксплуатационным соображениям, установки высокого давления непригодны для коммерческого производства ПРВ в малых объемах, однако оборудование таких ВРУ имеет достаточно большой эксплуатационный ресурс и высокую ремонтпригодность, поэтому амортизация такого оборудования требует меньших затрат.

Представленный обзор эксплуатационных характеристик отечественных ВРУ малой производительности, позволяет сформулировать основные требования, которым должна соответствовать воздухоразделительная установка предназначенная для коммерческого производства ПРВ. К таким требованиям следует отнести:

- Высокий уровень автоматизации, при котором производство ПРВ можно будет осуществлять с минимальным участием обслуживающего персонала;
- Большой эксплуатационный ресурс и высокая ремонтпригодность основного оборудования;
- Доступная себестоимость основного оборудования;
- Использование аппаратов, производство которых локализовано в Российской Федерации.

Решение задачи разработки перспективной ВРУ малой производительности можно разделить на 2 этапа:

1. Разработку цикла получения жидкого воздуха;
2. Разработку узла ректификации для разделения товарных компонентов воздуха.

**Выводы.** Проанализирован рынок Российской Федерации в сфере получения продуктов воздухоразделения. Предложен вариант для решения того кризиса, который образовался на рынке.

#### **Список использованных источников:**

1. Сайт [www.rusprofile.ru](http://www.rusprofile.ru) [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.rusprofile.ru/id/3464560> — Заглавие с экрана — АО ЛЕНТЕХГАЗ.

2. Сайт [neftegaz.ru](http://neftegaz.ru) [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://neftegaz.ru/news/companies/260587-frantsuzskaya-air-liquide-kupila-lentekhgaz/> — Заглавие с экрана — Французская Air Liquide купила Лентехгаз.

3. Сайт [studfile.net](http://studfile.net) [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://studfile.net/preview/9260975/> — Заглавие с экрана — ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ИСПЫТАНИЕ УСТАНОВКИ РАЗДЕЛЕНИЕ ВОЗДУХА АЖК-0,02М