

**КРИОГЕННАЯ СИСТЕМА КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ**

Сухов И. А. (ИТМО)

**Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Баранов И.В.**  
(ИТМО)

**Введение.** Комплекс оборудования для производства жидкого гелия, необходимого для снабжения ускорительно-накопительного комплекса, экспериментальных станций накопителя и лазера на свободных электронах. Задача максимально исключить нахождение человека на объекте, автоматизировать процесс, рассмотреть алгоритм работы. Адаптировать работы криофабрики под переменный расход и подачу жидкого гелия [1].

На научной установке потребителей необходимо обеспечить бесперебойной подачей продуктов криофабрики и разделения воздуха, таких как: азот, жидкий азот и жидкий гелий. Поскольку целью проектирования таких крупных фабрик являются наукоемкие объекты, в частности проекты класса “мегасайнс”— крупные дорогостоящие международные научные и исследовательские комплексы, а также название класса уникальных научных установок в классификации Минобрнауки в Национальном проекте «Наука» (2018). Наиболее важный критерий для них является чистота газа и бесперебойность подачи. Также криофабрика должна занимать минимально возможную площадь, работать с минимальными издержками, возможностью удаленного управления, максимально исключая присутствие человека.

**Основная часть.** Включение и запуск криофабрики должен происходить незадолго до пуска и наладки научного оборудования на самой станции [2]. Также во время пусконаладочных работ, необходимо вытравить/выгнать воздух азотом из лабораторных шкафов и поддержания рабочих параметров давления, температура, чистота газа на протяжении всего эксперимента. Жидкий азот подается потребителям по кольцевой схеме с непрерывной циркуляцией. Управление работой ВРУ и системой хранения может осуществляться с АРМ оператора, расположенного в здании криогенной фабрики, а также АСУ верхнего уровня. В состав системы управления ВРУ входит аналитический блок определяющий состав очищенного и осушенного воздуха (влаги, содержание CO<sub>2</sub>), а также содержание остаточного кислорода в жидком азоте. Существующие решения, рассмотренные в данной статье рассчитаны на постоянные расходы потребителя. Жидкий азот требуемой чистоты получается из атмосферного воздуха путем низкотемпературной ректификации в криогенной воздуходелительной установке. Производительность ВРУ регулируется в относительно узких пределах – от 100% до 75% [4]. Соответственно, при заполнении всех емкостей потребуются остановка производства азота (при отсутствии внешних потребителей). Большой объем емкостного парка позволит осуществлять повторный пуск ВРУ реже, что положительно скажется на общем ресурсе оборудования. Основным направлением исследования является подробное изучение алгоритмов работы криогенной фабрики. Разработка и адаптация работы при переменных расходах у потребителя. Как с технологической стороны - алгоритм, проект, так и с технической - соответствующие оборудование.

**Выводы.** Проведен анализ существующих решений, проекта криофабрики. Основным направлением исследования является подробное изучение алгоритмов работы криогенной фабрики. Разработка и адаптация работы при переменных расходах у потребителя. Как с технологической стороны - алгоритм, проект, так и с технической - соответствующие оборудование.

**Список использованных источников:**

1. Барладян А. К. Управление криогенным комплексом детектора кедр : дис. – Ин-т ядерной физики им. ГИ Будкера, 2015.
2. Chang H. S. et al. A simple study for an optimized operation of the ITER Cryodistribution cold rotating machines //Cryogenics. – 2023. – Т. 136. – С. 103760.
3. Непомнящих В.А., Подгорный К.А. Порождение правил поискового поведения динамической системой // IV-я Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2002». Сб. научных трудов. – 2012. – Ч. 1. – С. 110–116.
4. Maekawa R. et al. Dynamic simulation of ITER cryogenic system under DT operation //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 755. – №. – С. 012082.
5. Навасардян Е. С., Мохов К. В. Тенденция развития современных систем автоматического регулирования технологических процессов воздуходелительных установок //Инженерный журнал: наука и инновации. – 2017. – №. 3 (63). – С. 7.