

УДК 621.59(075.8)

И.К. БуткевичИнститут физических проблем им. П.Л. Капицы РАН, ул. Косыгина, 2, г. Москва, РФ, 117334
e-mail: butkevich@kapitza.ras.ru**НЕТРАДИЦИОННЫЙ ВЗГЛЯД НА ТИП ДЕТАНДЕРОВ КРИОГЕННЫХ ГЕЛИЕВЫХ УСТАНОВОК МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ**

Современные криогенные гелиевые установки (КГУ), в том числе и ожижители малой и средней производительности, ведущих криогенных фирм комплектуются турбодетандерами. КГУ этого типа характеризуются относительно малым временем непрерывной работы (8-10 ч) и достаточно частыми пусками (1-2 раза в неделю). Анализ основных показателей таких КГУ (эффективность, надёжность, уровень автоматизации, эксплуатационные затраты и удобство эксплуатации) позволяет сделать вывод о неочевидности преимущества турбодетандеров перед поршневыми детандерами. В результате проведённого сравнения предпочтение отдаётся поршневым детандерам, которым свойственны меньшие эксплуатационные затраты при ожижении относительно небольших количеств гелия.

Ключевые слова: Гелий. Ожижение. Криогеника. Криогенная гелиевая установка. Производительность. Эффективность. Турбодетандер. Поршневой детандер. Надёжность. Эксплуатационные затраты. Ремонт.

I.K. Butkevich**UNTRADITIONAL VIEW TO THE TYPE OF EXPANDERS OF CRYOGENIC HELIUM PLANTS OF SMALL AND AVERAGE PRODUCTIVITY**

Modern cryogenic helium plants (CHP) including the small and average productivity liquefiers of leading cryogenic companies are completed with turboexpanders. CHP of this type are characterized by relatively little time of continuous work (8-10 h) and rather frequent commissioning (1-2 times a week). The analysis of the main rates of such cryogenic helium plants (efficiency, safety, a level of automatization, operational loss and maintainability) has shown inevident advantages of turboexpanders over piston expanders. As a result of the experimental comparison piston expanders have been more preferable because of their low operational losses while liquefaction of relatively small amounts of helium.

Keywords: Helium. Liquefaction. Cryogenics. Cryogenic helium plant. Productivity. Efficiency. Turboexpander. Piston expander. Safety. Operational losses. Repair.

1. ВВЕДЕНИЕ

В современных криогенных гелиевых установках (КГУ) применяются два класса расширительных машин — газодинамические и объёмные. Из газодинамических машин наибольшее распространение получили турбодетандеры (ТД), из объёмных — поршневые детандеры (ПД). Области их применения, как отмечается в [1,2], являются ориентировочными. Тем не менее, общая тенденция такова, что с ростом объёмной производительности преимущественно используются турбодетандеры, что подтверждается рис. 1. По мере совершенствования турбодетандеров эта граница постоянно сдвигается в область меньших расходов, подтверждая высказанный в [2] тезис, что «...в тех случаях, когда эффективность ТД и ПД сопоставимы, предпочтение всегда отдаётся ТД».

Немаловажную роль в выборе типа детандера иг-

рает и известный факт более высокого уровня надёжности машин газодинамического действия, например, турбокомпрессоров. Анализ, который провёл *Стробридж* из Национального бюро стандартов США, очень укрупнённо сравнив надёжность двух КГУ, комплектуемых различными типами машин (поршневыми или турбомашинами), позволил ему сделать вывод о нецелесообразности применения поршневых машин в КГУ, предназначенных для длительного криостатирования сверхпроводящих устройств (СПУ) типа сверхпроводящих линий электропередач. Результаты сравнительного анализа *Стробриджа* представлены в таблицах 1 и 2, в которых $T_{б.р}$ — время безотказной работы в часах, $\lambda = 1/T_{б.р}$ — интенсивность отказов.

С учётом данных табл. 1, среднее время наработки на отказ КГУ с поршневыми машинами $T_{б.р} = 1/\lambda_{КГУ} = 1818$ ч.