

Г. К. Лавренченко

Украинская ассоциация производителей технических газов «УА-СИГМА», а/я 271, г. Одесса, 65026, Украина

УЛУЧШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТУПЕНЕЙ СЖАТИЯ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ КРИОГЕННЫХ УСТАНОВОК БОЛЬШОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

При создании криогенных гелиевых и водородных установок большой производительности не удаётся заменить многочисленные поршневые и винтовые компрессоры центробежными компрессорами. Высокие скорости звука в He и H₂ и низкие их плотности обуславливают очень малые степени сжатия криоагентов в одной ступени турбокомпрессора. В данной статье в общей постановке рассматривается комплекс вопросов создания крупных гелиевых и водородных систем на основе только машин динамического действия, а именно турбокомпрессоров и турбодетандеров. Показано, что такой подход можно реализовать путём перехода от компримирования гелия и водорода к сжатию смесей криоагент-хладагент. Расчётными и экспериментальными исследованиями ступени сжатия и предварительного охлаждения гелиевого рефрижератора подтверждена возможность как существенного снижения числа ступеней сжатия турбокомпрессора, так и значительного уменьшения расхода жидкого азота для охлаждения потока сжатой смеси. Установлены особенности изменения основных характеристик ступени сжатия и предварительного охлаждения при использовании смесей гелия с низкотемпературными хладагентами R13 и R14. Поставлена и решена задача определения оптимального состава смеси He-R13 как задача максимизации экономической эффективности перехода от сжатия He в винтовых маслозаполненных компрессорах к сжатию смеси оптимального состава в турбокомпрессорах. Решение данной задачи иллюстрируется в приложении к крупным криогенным установкам: криогенной гелиевой системе ускорительно-накопительного комплекса и КГУ-5000/4,5, имеющим при температуре 4,5 К холодопроизводительности, соответственно, 33 и 5 кВт.

Ключевые слова: гелий; водород; хладагент; криогенная гелиевая установка; криогенная водородная установка; ступень сжатия и предварительного охлаждения; центробежный компрессор; единое уравнение состояния; термические, калорические свойства смесей криоагент-хладагент; азотное охлаждение; состав смеси; оптимизация состава смеси; экономическая эффективность.

Creation the cryogenic helium and hydrogenous installations of major output are impossible to exchange numerous piston and screw-shaped compressors by centrifugal compressors. High speeds of a sound in He and H₂ and their low gravities are cause very small compression ratios cryoagents at one stage of turbocompressor. In the given article in a general formulation of the complex problems of creation a large helium and hydrogenous systems on the basis of only machine of dynamic operating, namely turbocompressors and expansion turbines is esteemed. Shown, that such approach can be realised by transferring from a compression of helium and hydrogen to contraction of mixtures cryoagent-refrigerant. Design and experimental researches of a stage contraction and precooling of the helium refrigerator the possibility as essential decrease number stages contraction turbocompressor, and considerable abatement of expenditure liquid nitrogen for chilling stream of shortly mixture are affirmed. The features variation of basic performances of a stage contraction and precooling are established at usage of mixtures helium with low-temperatures refrigerants R13 and R14. The task of definition optimal ratio mixture He-R13 as the task of a maximization economic efficiency of transferring from contraction He in screw-shaped oil-filled compressors to contraction of a mixture optimal composition in turbocompressors is delivered and resolved. The solution of given task is illustrated in an application to the large cryogenic installations: to the cryogenic helium system of a accelerating-accumulative complex and KGU-5000/4,5 which having at the temperature of 4,5 K cold-productivity accordingly, 33 and 5 kW.

Key words: helium; hydrogen; refrigerant; cryogenic helium installation; cryogenic hydrogenous installation; a stage of contraction and precooling; the centrifugal compressor; a uniform equation of state; thermal, caloric property of mixtures cryoagent-refrigerant; nitrogen chilling; ratio of mixture; optimization ratio of mixture; an economic efficiency.