

**И.К. Буткевич**

Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН, ул. Косыгина, 2, г. Москва, РФ, 117334  
e-mail: butkevich@kapitza.ras.ru

## УСПЕХИ ПРИКЛАДНОЙ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ И ПРОГРЕСС КРИОГЕННОЙ ТЕХНИКИ

*100-летие открытия явления сверхпроводимости ознаменовалось уникальными достижениями в области прикладной сверхпроводимости: началом эксплуатации ЛНС (Большого адронного коллайдера — БАК) со сверхпроводящей магнитной системой и завершением проектирования ITER (Международного экспериментального токамака — ИТЭР) со сверхпроводящими магнитами. Оба эти проекта нельзя было бы осуществить без соответствующего развития криогенной техники, в частности её гелиевого направления. Для криогенного обеспечения объектов со сверхпроводящими устройствами пришлось решать сложные научно-технические задачи. Показано, как совершенствовались гелиевые рефрижераторы и ожижители, предназначенные для криостатирования объектов со сверхпроводниками. Описываются схемы современных двухконтурных систем, в том числе с сателлитными рефрижераторами. Выполнен анализ основных способов повышения надёжности криогенных систем. Сообщается о создании новых приборов для комплексного измерения параметров гелия. Рассматриваются различные направления развития криогенных гелиевых установок и систем, которые явились следствием широкомасштабного использования прикладной сверхпроводимости. Особое внимание уделено достижениям криогенной техники, которые определили возможность реализации таких грандиозных проектов современности, как БАК и ИТЭР.*

**Ключевые слова:** Сверхпроводимость. Криогенная техника. Гелий. СП-устройства. Криогенная гелиевая установка, система. Ожижитель гелия. Двухконтурная система. Криогенный циркуляционный насос. Холодный (криогенный) компрессор (нагнетатель). Рефрижератор с избыточным обратным потоком (сателлит). Надёжность. Резервирование. Коллайдер. Токamak.

**I.K. Butkevich**

## THE ADVANCES IN APPLIED SUPERCONDUCTIVITY AND CRYOGENIC ENGINEERING PROGRESS

*100th anniversary of the discovery of superconductivity was marked by unique achievements in the field of application superconductivity, operating the LHC (Large Hadron Collider) with a superconducting magnet system and design completion of ITER (International Tokamak Experimental) with superconducting magnets. Both of these projects were impossible without a corresponding development of cryogenic engineering, in particular the helium lines. To provide facilities with cryogenic superconducting devices had to deal with complex scientific and engineering problems. It is shown, how helium refrigerators and liquefiers, facilities intended for cryostating with superconductors were improved. Schemes of modern double-circuit systems, including with satellite refrigerators are described. The analyses of the main ways to improve the reliability of cryogenic systems is made. New devices for complex measurement of helium parameters are considered. The various directions of development of cryogenic plants and systems, which are the result of the increasingly widespread use of superconductivity application, are discussed. Special attention is paid by the achievements of cryogenic technology, which determined the feasibility of such grandiose projects of modernity, as LHC and ITER.*

**Keywords:** Superconductivity. Cryogenic engineering. Helium. SC devices. Cryogenic helium system. Helium liquefier. Dual-circuit system. Cryogenic circulation pump. Cold (cryogenic) compressor (blower). Refrigerator with an excessive reverse flow (satellite). Reliability. Reservation. Collider. Tokamak.