

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ПО СВЕРХПРОВОДИМОСТИ NbTi И Nb₃Sn

А.Г.Шепелев, Ю.А.Манжур, Л.Д.Юрченко, Л.В.Пантеенко, Т.Чепурная*, Х.Борк*

Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»

* Центральная техническая информационная библиотека Германии, г.Ганновер

Здійснився докладний наукометричний аналіз світових інформаційних потоків сверхпроводників NbTi та Nb₃Sn за останні 40 років. У автоматизованому режимі аналізувались Міжнародні Бази Даних INIS (1970 - 2000 гг.) та MSCI (1991- 2000 гг.). Реферативні джерела "Nuclear Science Abstracts" (1960 - 1972 гг.), БУЛ "Сверхпроводимость 1911 - 1970" та РЖ Физика (1960 - 1972 гг.) аналізувались в ручному режимі. Для кожного з розглянутих сверхпроводників побудовані графіки та діаграми розподілу публікацій в часу по напрямкам, странам, типам публікацій і мовам.

Проведен подробный наукометрический анализ мировых информационных потоков по сверхпроводникам NbTi и Nb₃Sn за последние 40 лет. В автоматизированном режиме анализировались Международные Базы Данных INIS (1970 - 2000 гг.) и MSCI (1991- 2000 гг.). Реферативные источники "Nuclear Science Abstracts" (1960 - 1972 гг.), БУЛ "Сверхпроводимость 1911 - 1970" и РЖ Физика (1960 - 1972 гг.) анализировались в ручном режиме. Для каждого из рассмотренных сверхпроводников построены графики и диаграммы распределения публикаций во времени по направлениям, странам, типам публикаций и языкам.

The detailed scientific analysis of world information flows on superconductors NbTi and Nb₃Sn for last 40 years are carrying out. The International Databases INIS (1970 - 2000) and MSCI (1991- 2000) were analyzed in the automated mode. Abstract sources "Nuclear Science Abstracts" (1960 - 1972), "Superconductivity 1911 - 1970" and Abstract Journal "Physics" (1960 - 1972) were analyzed in a manual mode. For each of the superconductors the charts of distribution of the publications in time on directions, countries, types of the publications and languages are built.

Интерметаллид Nb₃Sn и сплавы NbTi играют значительную роль в крупномасштабных приложениях низкотемпературной сверхпроводимости. Достаточно указать на их роль в проблемах: производство и использование электроэнергии – термоядерные установки (см., например, [1]), а также накопители и генераторы энергии, двигатели, высокоскоростной транспорт на магнитной "подушке" (см., например, [2]); научные исследования по физике твердого тела и частиц высоких энергий (см., например, [3]); медицина, где уже к началу 1987г. для больниц было изготовлено более 1000 сверхпроводящих магнитов с отверстием около 1м для диагностики заболеваний с помощью анализа магнито-резонансного изображения людей [4]. Поэтому проведение соответствующего наукометрического анализа этих сверхпроводников представляется целесообразным.

Поскольку возможность создания сверхпроводящих магнитов с большими полями, использующих хрупкий Nb₃Sn в качестве обмотки, появилась в 1961г. [5] (пластичный сплав NbTi также стал исследоваться начиная с 1961г.[6]), понятна сложность проведения требуемого анализа большого мирового информационного массива за 40 лет, усугубляемая отсутствием единой Базы Данных (БД), которую можно было бы проанализировать унифицированным образом в автоматизированном режиме. В то время, как несмотря на большие технологические трудности, уже в 1963г. появились сверхпроводящие соленоиды с магнитным полем 100 кЭ с исполь-

зованием Nb₃Sn [7], а с NbTi - в 1965г. [8], первая Международная БД "International Nuclear Information System" (INIS) начала действовать только с 1970г.

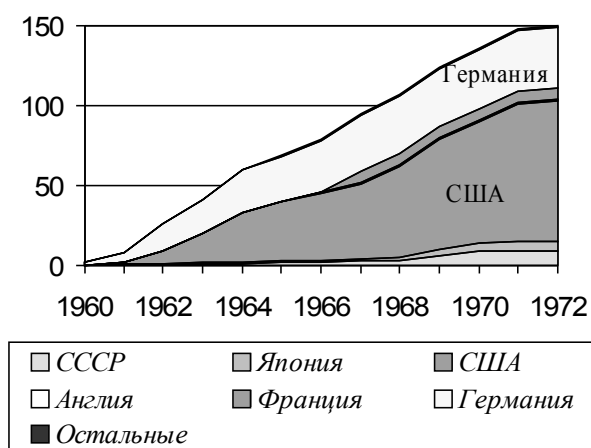


Рис. 1. Кумулятивный рост числа информационных документов по Nb₃Sn (соленоиды и влияние деформации и термообработки на T_c и j_c) в БУЛ «Сверхпроводимость» и РЖ Физика

Поэтому для выполнения данной работы нам пришлось использовать ручной поиск информации в таких известных реферативных изданиях как Библиографический указатель литературы (БУЛ) ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. 2002. №1. Серия: Вакуум, чистые материалы, сверхпроводники (12), с.88-92.

1972гг.), "Nuclear Science Abstracts" (NSA) за 1960-1970гг. и автоматизированный поиск в Международных БД за всё время их существования : INIS (1970-1999гг.), "Materials Science Citation Index" (1991-1999гг.).

Исследование всей совокупности информационных массивов выполнено путём всестороннего анализа не только ключевых слов и понятий, но и изучением ряда рефератов. К сожалению, приходится отметить, что в ряде рефератов (особенно в ранних работах, относящихся к использованию изучаемых сверхпроводников) порой рассматривались инженерные сооружения как таковые - без указания применяемого материала. Естественно, такие рефераты не могли использоваться для анализа.

Для анализа были выбраны такие проблемы для каждого из изучаемых сверхпроводников:

- 1) влияние термообработки на критическую температуру T_c и плотность критического тока j_c ;
- 2) сверхпроводящие соленоиды и магнитные системы;
- 3) сверхпроводящие электрогенераторы и двигатели;
- 4) композитные сверхпроводники;
- 5) проблемы, связанные с сильноточными электрическими контактами сверхпроводник-сверхпроводник и сверхпроводник – нормальный металл.

Все эти проблемы анализировались в автоматизированном режиме (~80 ключевых слов и понятий), а проблемы по п.1 и п.2, кроме того, и в режиме ручного поиска по совокупности БУЛ "Сверхпроводимость" (1960-1970гг.) и РЖ Физика (1960-1972гг.), а также NSA (1960-1972гг.).

Наряду с этим, в связи с созданием особенно в последнее время грандиозных магнитных систем (например, ITER [1] и установок типа ЛНС коллайдер [3]) была предпринята попытка рассмотрения влияния механических напряжений на критический ток больших магнитных систем.

Начальный этап исследований и применения рассматриваемой области науки может быть проанализирован по публикациям, отражённым в совокупности БУЛ "Сверхпроводимость" (1960-1970гг.) и РЖ Физика (1960-1972гг.).

На рис.1 представлен кумулятивный вклад ведущих стран по проблемам влияния холодной деформации и термообработки на критическую температуру T_c и плотность критического тока j_c интерметаллического соединения Nb_3Sn . На рис.2 приведены кумулятивные зависимости таких же свойств для сплавов $NbTi$. Из приведенных данных следует, что в то время, как в проблемы, связанные с использованием Nb_3Sn , преобладающий вклад был внесен США и Германией, публикации по $NbTi$ осуществлялись в основном США и СССР.

Любопытно, что анализ за тот же период времени данных из реферативного журнала "Nuclear Science Abstracts", включающего не только публикации, но и отчёты, и патенты, показывает примерно те же тенденции. Из анализа следует, что ~ с 1966 г. наблюдается существенный рост интереса к применению $NbTi$ в большинстве промышленно разви-

тых стран (США, СССР, Германия, Япония, Англия, Франция).

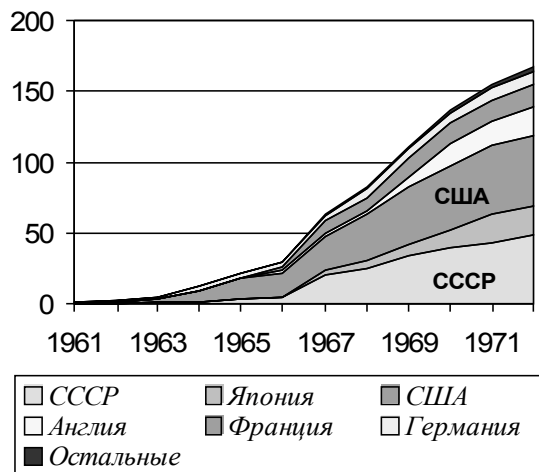


Рис. 2. Кумулятивный рост числа информационных документов по NbTi (соленоиды и влияние деформации и термообработки на T_c и j_c) в БУЛ «Сверхпроводимость» и РЖ «Физика»

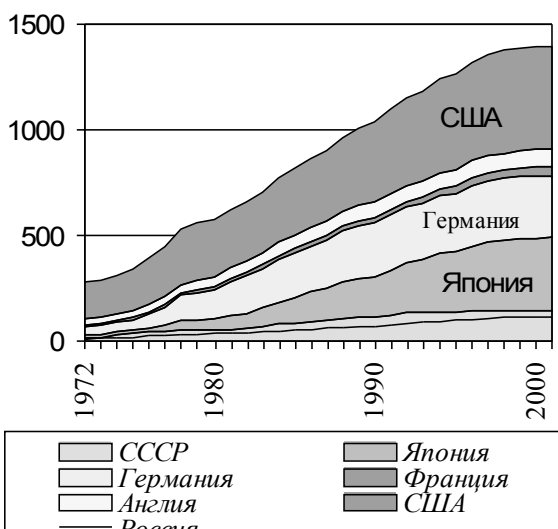


Рис. 3. Кумулятивный рост числа информационных документов основных стран по Nb_3Sn в БД INIS

Первая Международная БД INIS может рассматриваться как некое продолжение реферативного издания "Nuclear Science Abstracts". Она предоставляет широкие возможности автоматизированного анализа введенных в неё на протяжении почти 30 лет информационных документов (отчёты, публикации, патенты и т.д.).

На рис.3 представлены полученные для основных стран кумулятивные данные об информационных документах по всем проблемам получения, исследований и использования сверхпроводников на основе Nb_3Sn . Видно, что основной вклад в работы осуществили США, Япония, СССР и Германия. Кумулятивные данные по соленоидам и магнитным системам из этого сверхпроводника имеют приблизительно такие же тенденции. Что касается сплавов из $NbTi$, рис.4 показывает, что вклад японских специалистов близок к вкладу специалистов США.

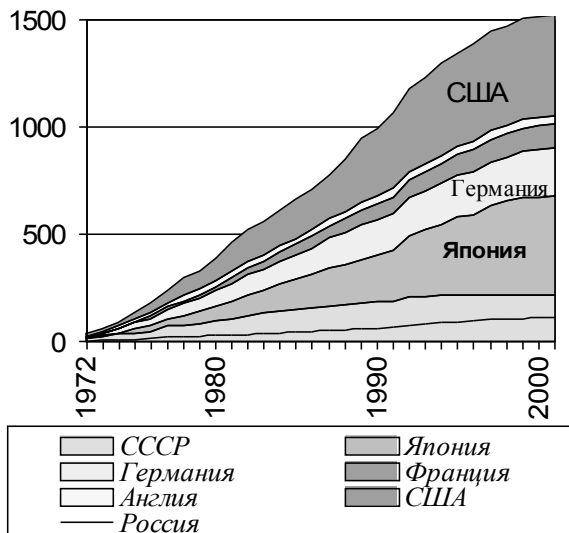


Рис. 4. Кумулятивный рост числа информационных документов основных стран по NbTi в БД INIS

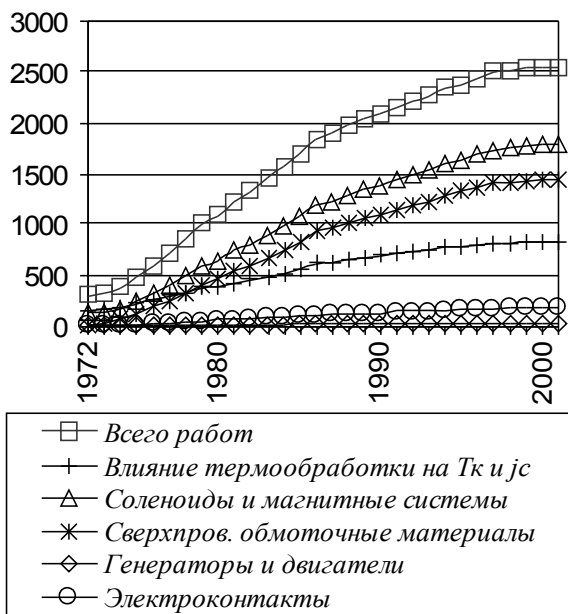


Рис. 5. Кумулятивный рост числа документов по направлениям исследований Nb₃Sn в БД INIS

Нами проведен также машинный анализ по направлениям исследований и применений Nb₃Sn (рис.5) и NbTi (рис.6). Видно, что основные работы посвящены соленоидам и магнитным системам, а также разработке разнообразных обмоточных материалов для них. Мы также провели сопоставление вкладов отдельных направлений с вкладом конкретной страны. Оказалось, что Япония акцентирует внимание на проблеме изучения влияния деформации и термообработки на T_k и j_c как для Nb₃Sn, так и для NbTi. В то же самое время США и Германия основное внимание уделяют в основном созданию соленоидов и магнитных систем из Nb₃Sn и NbTi.

Интересно отметить существенный вклад Японии и Англии (сравнительно с их вкладом в общее число работ) в разработку электрогенераторов и двигателей.

Учитывая сложность создания крупных сверхпроводящих магнитных систем особенно в последнее время, мы попытались провести анализ источников, в которых исследуется влияние механических напряжений на j_c в таких системах из Nb₃Sn и NbTi (рис.7). Чётко просматривается тенденция того, что Япония и США уделяют значительное внимание данной проблеме.

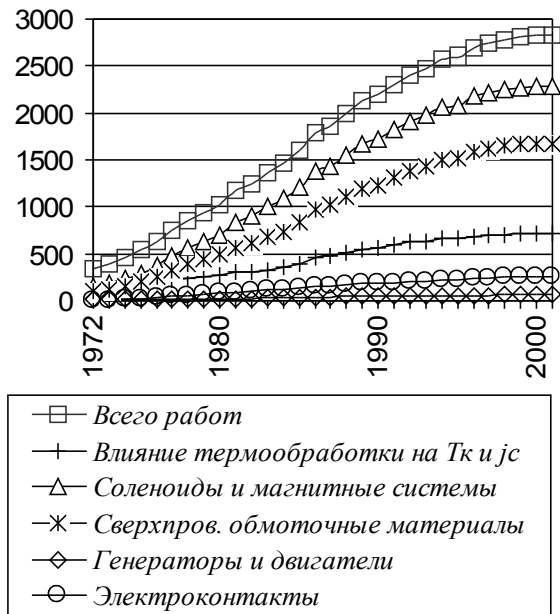


Рис. 6. Кумулятивный рост числа информационных документов по направлениям исследований NbTi в БД INIS

Анализ распределения публикаций по типам документов показывает, что область рассматриваемых исследований и Nb₃Sn, и NbTi имеет характеристики новой области, так как вклад конференций оказывается очень высоким (~35%) и практически равным числу журнальных публикаций. Если же учесть, что целый ряд основных конференций публикует свои материалы в текущих журналах (IEEE Trans., Cryogenics et al), то следует признать, что вклад конференций существенно преобладает над любыми другими видами публикаций. Перечень основных журналов, в которых опубликованы статьи о сверхпроводимости по данным БД INIS и БД MSCI включает соответственно: по БД INIS - Phys. Rev., Physica, IEEE Trans. Magn., Phys. Rev. Lett., Appl. Phys. Lett., J. Appl. Phys., J. Low Temp. Phys., ФНТ, Nuclear Instrum. & Meth. in Phys. Res., Solid State Communic., ФТТ, Cryogenics, AIP Conf. Proc., Intern. J. Modern Phys., Phys. Lett. B; по БД MSCI - Physica, Phys. Rev. B, IEEE Trans. AP, Superconductor Sci & Techn., Phys. Rev. Lett., Appl. Phys. Lett., Solid State Communic, J. Applied Phys, IEEE Trans. Magn., J. Supercond, Japanese J. Appl. Phys., J. Low Temp. Phys., J. Phys. Condensed Mat., Cryogenics, J. Phys. Soc. of Japan.

На рис. 8 представлены сравнительные данные о распределении всех информационных документов в БД INIS по странам, а также распределения документов, посвященных Nb₃Sn и NbTi. Видно, что

вклад учёных Японии в рассматриваемые проблемы сверхпроводимости существенно превышает их относительный вклад во все информационные документы БД INIS. Это свидетельствует о приоритетности этого направления для Японии, что обусловлено, вероятно, особым вниманием к проблемам энергогенерации (новые источники энергии) и энергосбережения. Из других стран, в которых проблемам сверхпроводников из Nb₃Sn и NbTi уделяется относительно высокое внимание, отметим США, Германию, Россию и Украину.

При проведении наших исследований мы использовали и Международную БД "Materials Science Citation Index" (MSCI) (1991-1999гг.). Её характерные особенности – отражение рефератов только публикаций и оперативный их ввод в БД. При анализе документов в этой БД выявились приблизительно те же тенденции, что в БД INIS. Оказалось также, что по числу публикаций вклад Японии в последнее десятилетие превышает вклад США (Nb₃Sn: США - 28,16%, Япония - 28,33%; NbTi: США - 28,89%, Япония - 33,18%).

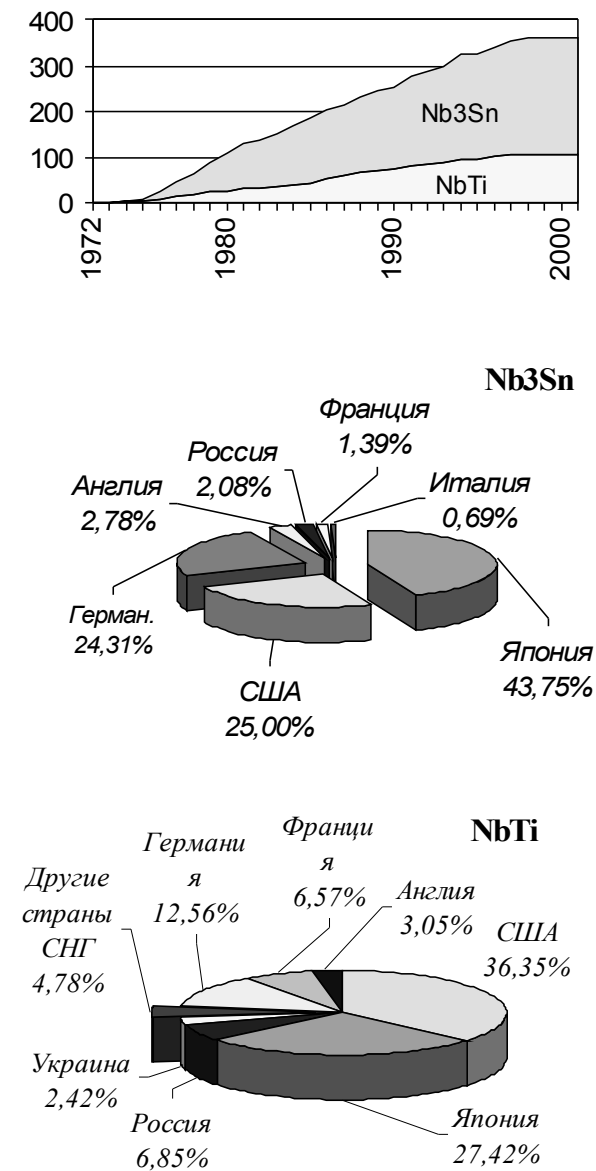


Рис. 7. Кумулятивный рост числа информационных документов по влиянию механических напряжений на j_c Nb₃Sn и NbTi и распределение их по странам в БД INIS

Анализ распределения информационных документов по языкам в БД INIS показывает, что подавляющее количество материалов публикуется на английском языке (~80%). На втором месте стоят документы на русском языке (чуть более 8%), на третьем - на японском (~5%).

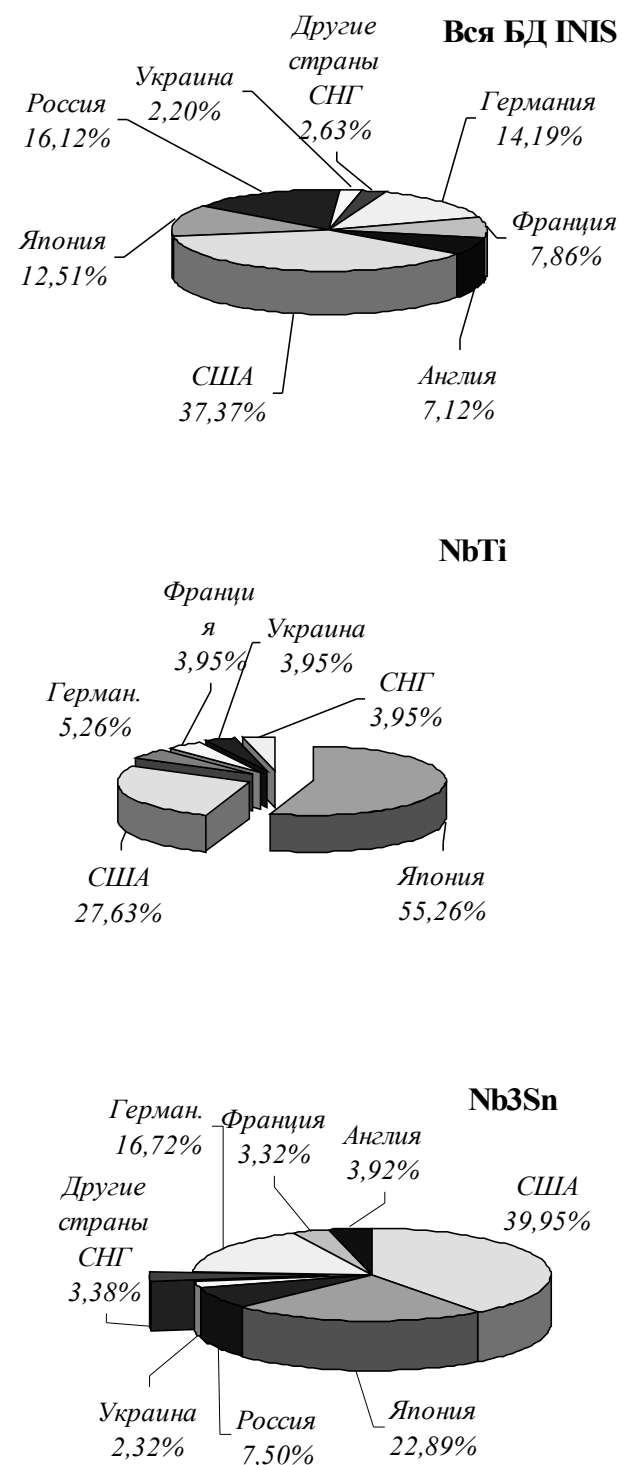


Рис. 8. Распределение информационных документов всех стран в БД INIS

Мы имели возможность ознакомиться с зарегистрированной патентной документацией по Nb₃Sn и NbTi за последние 7 лет. Установлено, что патентные ведомства США и в особенности Японии постоянно регистрируют большое количество патентных документов по данной проблематике.

Работа проведена в рамках Проекта INTAS 98-01.

Авторы признательны И.М.Неклюдову, А.К.Шикову, Н.В.Камышанченко и Ю.П.Курило за интерес к работе и поддержку.

Литература

1. A. Shikov, A. Nikulin, A. Silaev, A. Vorobieva, V. Pantsyrni, G. Vedernikov, N. Salunin, S. Sudiev. Development of the superconductors for ITER magnet system // *J. Nucl. Mater.* 1998, v.258-263, pt.B, p.1929-1934.

2. М. Уилсон. *Сверхпроводящие магниты*, М.: "Мир", 1985.

3. Assembly of CMS magnet begins // *CERN Courier*. 1999, v.39, N9, p.7 .

4. D.E. Andrews. Magnetic resonance imaging in 1987 // *Adv. Cryog. Eng.* 1988, v.33, p.1-7 .

5. J.E. Kunzler, E. Buehler, F.S. Hsu, J.H. Wernick. Superconductivity in Nb₃Sn at high current density in a magnet field of 88 kgauss // *Phys.Rev.Lett.* 1961, v.6, p.89-91.

6. J.K. Hulm, R.D. Blaugher. Superconducting solid solution alloys of the transition elements // *Phys.Rev.* 1961, 123, p.1569-1580.

7. D.L. Martin, M.G. Benz, C.A. Bruch, C.H. Rosner. A 101000 Gaus niobium-tin superconducting solenoid // *Cryogenics*. 1963, v.3, p.114

8. H.T. Coffey, J.K. Hulm, W.T. Reynolds, D.K. Fox, R.E. Span. A protected 100kg superconducting magnet // *J.Appl.Phys.* 1965, v.36, p.128-136.