

2023
DECEMBER
№.4 (68)

ISSN 2541-786X

EUROPEAN SCIENCE

[HTTPS://SCIENTIFIC-PUBLICATION.COM](https://scientific-publication.com)

UNIVERSITY OF OXFORD

**OPTICS OF BEAMS OF CHARGED
PARTICLES BASED ON
CRYSTALLINE ELEMENTS**
(Afonin A.G., Chesnokov Yu.A.,
Yanovich A.A.) p.5

**BRANCHING RATE
OF CRACKS IN SOLIDS**
(Alekseev A.A.) p.46

**INTERACTION BETWEEN
UNIVERSITY AND ENTERPRISE:
EXPERIENCE OF THE BASIC
DEPARTMENT IN PREPARING
COMPETITIVE GRADUATES
FOR THE REGIONAL LABOR
MARKET (Konoplyansky D.A.) p.74**



9 772410 286008

SCIENTIFIC PUBLISHING «PROBLEMS OF SCIENCE»

EUROPEAN SCIENCE

2023. № 4 (68)

FOUNDER, EDITOR IN CHIEF
Valtsev S.

EDITORIAL BOARD

Abdullaev K. (PhD in Economics, Azerbaijan), *Alieva V.* (PhD in Philosophy, Republic of Uzbekistan), *Akbulaev N.* (D.Sc. in Economics, Azerbaijan), *Alikulov S.* (D.Sc. in Engineering, Republic of Uzbekistan), *Anan'eva E.* (D.Sc. in Philosophy, Ukraine), *Asaturova A.* (PhD in Medicine, Russian Federation), *Askarhodzhaev N.* (PhD in Biological Sc., Republic of Uzbekistan), *Bajtasov R.* (PhD in Agricultural Sc., Belarus), *Bakko I.* (PhD in Physical Education and Sport, Ukraine), *Bahor T.* (PhD in Philology, Russian Federation), *Baulina M.* (PhD in Pedagogic Sc., Russian Federation), *Blejh N.* (D.Sc. in Historical Sc., PhD in Pedagogic Sc., Russian Federation), *Bobrova N.A.* (Doctor of Laws, Russian Federation), *Bogomolov A.* (PhD in Engineering, Russian Federation), *Borodaj V.* (Doctor of Social Sciences, Russian Federation), *Volkov A.* (D.Sc. in Economics, Russian Federation), *Gavrilenkova I.* (PhD in Pedagogic Sc., Russian Federation), *Garagonich V.* (D.Sc. in Historical Sc., Ukraine), *Glushhenko A.* (D.Sc. in Physical and Mathematical Sciences, Russian Federation), *Grinchenko V.* (PhD in Engineering, Russian Federation), *Gubareva T.* (PhD in Laws, Russian Federation), *Gutnikova A.* (PhD in Philology, Ukraine), *Datij A.* (Doctor of Medicine, Russian Federation), *Demchuk N.* (PhD in Economics, Ukraine), *Divnenko O.* (PhD in Pedagogic Sc., Russian Federation), *Dmitrieva O.A.* (D.Sc. in Philology, Russian Federation), *Dolenko G.* (D.Sc. in Chemistry, Russian Federation), *Esenova K.* (D.Sc. in Philology, Kazakhstan), *Zhamuldinov V.* (PhD in Laws, Kazakhstan), *Zholdoshev S.* (Doctor of Medicine, Republic of Kyrgyzstan), *Zelenkov M.YU.* (D.Sc. in Political Sc., PhD in Military Sc., Russian Federation), *Ibadov R.* (D.Sc. in Physical and Mathematical Sciences, Republic of Uzbekistan), *Il'inskih N.* (D.Sc. Biological, Russian Federation), *Kajrakbaev A.* (PhD in Physical and Mathematical Sciences, Kazakhstan), *Kaftaeva M.* (D.Sc. in Engineering, Russian Federation), *Klinkov G.T.* (PhD in Pedagogic Sc., Bulgaria), *Koblanov Zh.* (PhD in Philology, Kazakhstan), *Koval'ov M.* (PhD in Economics, Belarus), *Kravcova T.* (PhD in Psychology, Kazakhstan), *Kuz'min S.* (D.Sc. in Geography, Russian Federation), *Kulikova E.* (D.Sc. in Philology, Russian Federation), *Kurmanbaeva M.* (D.Sc. Biological, Kazakhstan), *Kurpajaniidi K.* (PhD in Economics, Republic of Uzbekistan), *Linkova-Daniels N.* (PhD in Pedagogic Sc., Australia), *Lukienko L.* (D.Sc. in Engineering, Russian Federation), *Makarov A.* (D.Sc. in Philology, Russian Federation), *Macarenko T.* (PhD in Pedagogic Sc., Russian Federation), *Meimanov B.* (D.Sc. in Economics, Republic of Kyrgyzstan), *Muradov Sh.* (D.Sc. in Engineering, Republic of Uzbekistan), *Musaev F.* (D.Sc. in Philosophy, Republic of Uzbekistan), *Nabiev A.* (D.Sc. in Geoinformatics, Azerbaijan), *Nazarov R.* (PhD in Philosophy, Republic of Uzbekistan), *Naumov V.* (D.Sc. in Engineering, Russian Federation), *Ovchinnikov Ju.* (PhD in Engineering, Russian Federation), *Petrov V.* (D.Arts, Russian Federation), *Radkevich M.* (D.Sc. in Engineering, Republic of Uzbekistan), *Rakhimbekov S.* (D.Sc. in Engineering, Kazakhstan), *Rozyhodzhaeva G.* (Doctor of Medicine, Republic of Uzbekistan), *Romanenkova Yu.* (D.Arts, Ukraine), *Rubcova M.* (Doctor of Social Sciences, Russian Federation), *Rumyantsev D.* (D.Sc. in Biological Sc., Russian Federation), *Samkov A.* (D.Sc. in Engineering, Russian Federation), *San'kov P.* (PhD in Engineering, Ukraine), *Selitretnikova T.* (D.Sc. in Pedagogic Sc., Russian Federation), *Sibircev V.* (D.Sc. in Economics, Russian Federation), *Skipko T.* (D.Sc. in Economics, Ukraine), *Sopov A.* (D.Sc. in Historical Sc., Russian Federation), *Strekalov V.* (D.Sc. in Physical and Mathematical Sciences, Russian Federation), *Stukalenko N.M.* (D.Sc. in Pedagogic Sc., Kazakhstan), *Subachev Ju.* (PhD in Engineering, Russian Federation), *Sulejmanov S.* (PhD in Medicine, Republic of Uzbekistan), *Tregub I.* (D.Sc. in Economics, PhD in Engineering, Russian Federation), *Uporov I.* (PhD in Laws, D.Sc. in Historical Sc., Russian Federation), *Fedos'kina L.* (PhD in Economics, Russian Federation), *Khiltukhina E.* (D.Sc. in Philosophy, Russian Federation), *Cuculjan S.* (PhD in Economics, Republic of Armenia), *Chiladze G.* (Doctor of Laws, Georgia), *Shamshina I.* (PhD in Pedagogic Sc., Russian Federation), *Sharipov M.* (PhD in Engineering, Republic of Uzbekistan), *Shevko D.* (PhD in Engineering, Russian Federation).

PUBLISHING HOUSE «PROBLEMS OF SCIENCE»

EDITORIAL OFFICE ADDRESS: 153000, RUSSIAN FEDERATION, IVANOVO, RED ARMY ST.,
H.20, 3TH FLOOR, OF. 3-3, PHONE: +7 (915) 814-09-51

PHONE: +7 (915) 814-09-51 (**RUSSIAN FEDERATION**). FOR PARTICIPANTS FROM
THE CIS, GEORGIA, ESTONIA, LITHUANIA, LATVIA
+ 44 20 38076399 (**LONDON, UNITED KINGDOM**). FOR PARTICIPANTS FROM EUROPE
+1 617 463 9319 (**BOSTON, USA**). FOR PARTICIPANTS FROM NORTH AND SOUTH AMERICA

[HTTPS://SCIENTIFIC-PUBLICATION.COM](https://scientific-publication.com)

EUROPEAN SCIENCE

2023. № 4 (68)

Российский импакт-фактор: 0,17

УЧРЕДИТЕЛЬ, ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР: Вальцев С.В.

Зам. главного редактора: Кончакова И.В.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Подписано в печать:
29.12.2023
Дата выхода в свет:
09.01.2024

Формат 70х100/16.
Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».
Печать офсетная.
Усл. печ. л. 7,393
Тираж 100 экз.
Заказ № 0002

ИЗДАТЕЛЬСТВО
«Проблемы науки»

Территория
распространения:
зарубежные страны,
Российская
Федерация

Журнал
зарегистрирован
Федеральной службой
по надзору в сфере
связи,
информационных
технологий и
массовых
коммуникаций
(Роскомнадзор)
Свидетельство
ПИ № ФС77 - 60218
Издается с 2014 года

Абдуллаев К.Н. (д-р филос. по экон., Азербайджанская Республика), *Алиева В.Р.* (канд. филос. наук, Узбекистан), *Акбулаев Н.Н.* (д-р экон. наук, Азербайджанская Республика), *Аликулов С.Р.* (д-р техн. наук, Узбекистан), *Ананьева Е.П.* (д-р филос. наук, Украина), *Асатулова А.В.* (канд. мед. наук, Россия), *Аскарходжаев Н.А.* (канд. биол. наук, Узбекистан), *Байтасов Р.Р.* (канд. с.-х. наук, Белоруссия), *Бакико И.В.* (канд. наук по физ. воспитанию и спорту, Украина), *Бахор Т.А.* (канд. филол. наук, Россия), *Баулина М.В.* (канд. пед. наук, Россия), *Блейх Н.О.* (д-р ист. наук, канд. пед. наук, Россия), *Боброва Н.А.* (д-р юрид. наук, Россия), *Богомолов А.В.* (канд. техн. наук, Россия), *Бородай В.А.* (д-р социол. наук, Россия), *Волков А.Ю.* (д-р экон. наук, Россия), *Гавриленкова И.В.* (канд. пед. наук, Россия), *Гарагонич В.В.* (д-р ист. наук, Украина), *Глуценко А.Г.* (д-р физ.-мат. наук, Россия), *Гринченко В.А.* (канд. техн. наук, Россия), *Губарева Т.И.* (канд. юрид. наук, Россия), *Гутникова А.В.* (канд. филол. наук, Украина), *Датий А.В.* (д-р мед. наук, Россия), *Демчук Н.И.* (канд. экон. наук, Украина), *Дивненко О.В.* (канд. пед. наук, Россия), *Дмитриева О.А.* (д-р филол. наук, Россия), *Доленко Г.Н.* (д-р хим. наук, Россия), *Есенова К.У.* (д-р филол. наук, Казахстан), *Жамулдинов В.Н.* (канд. юрид. наук, Казахстан), *Жолдошев С.Т.* (д-р мед. наук, Кыргызская Республика), *Зеленков М.Ю.* (д-р полит. наук, канд. воен. наук, Россия), *Ибаодов Р.М.* (д-р физ.-мат. наук, Узбекистан), *Ильинских Н.Н.* (д-р биол. наук, Россия), *Кайракбаев А.К.* (канд. физ.-мат. наук, Казахстан), *Кафтаева М.В.* (д-р техн. наук, Россия), *Киквидзе И.Д.* (д-р филол. наук, Грузия), *Клинов Г.Т.* (PhD in Pedagogic Sc., Болгария), *Кобланов Ж.Т.* (канд. филол. наук, Казахстан), *Ковалёв М.Н.* (канд. экон. наук, Белоруссия), *Кравцова Т.М.* (канд. психол. наук, Казахстан), *Кузьмин С.Б.* (д-р геогр. наук, Россия), *Куликова Э.Г.* (д-р филол. наук, Россия), *Курманбаева М.С.* (д-р биол. наук, Казахстан), *Курпаянц И.И.* (канд. экон. наук, Узбекистан), *Линькова-Даниель Н.А.* (канд. пед. наук, Австралия), *Лукиенко Л.В.* (д-р техн. наук, Россия), *Макаров А. Н.* (д-р филол. наук, Россия), *Мацаренко Т.Н.* (канд. пед. наук, Россия), *Мейманов Б.К.* (д-р экон. наук, Кыргызская Республика), *Мурадов Ш.О.* (д-р техн. наук, Узбекистан), *Мусаев Ф.А.* (д-р филос. наук, Узбекистан), *Набиев А.А.* (д-р наук по геоинформ., Азербайджанская Республика), *Назаров Р.Р.* (канд. филос. наук, Узбекистан), *Наумов В. А.* (д-р техн. наук, Россия), *Овчинников Ю.Д.* (канд. техн. наук, Россия), *Петров В.О.* (д-р искусствоведения, Россия), *Радкевич М.В.* (д-р техн. наук, Узбекистан), *Рахимбеков С.М.* (д-р техн. наук, Казахстан), *Розыходжаева Г.А.* (д-р мед. наук, Узбекистан), *Романенкова Ю.В.* (д-р искусствоведения, Украина), *Рубцова М.В.* (д-р социол. наук, Россия), *Румянцев Д.Е.* (д-р биол. наук, Россия), *Самков А. В.* (д-р техн. наук, Россия), *Саньков П.Н.* (канд. техн. наук, Украина), *Селитреникова Т.А.* (д-р пед. наук, Россия), *Сибирицев В.А.* (д-р экон. наук, Россия), *Скрипко Т.А.* (д-р экон. наук, Украина), *Сопов А.В.* (д-р ист. наук, Россия), *Стрекалов В.Н.* (д-р физ.-мат. наук, Россия), *Стукаленко Н.М.* (д-р пед. наук, Казахстан), *Субачев Ю.В.* (канд. техн. наук, Россия), *Сулейманов С.Ф.* (канд. мед. наук, Узбекистан), *Трегуб И.В.* (д-р экон. наук, канд. техн. наук, Россия), *Упоров И.В.* (канд. юрид. наук, д-р ист. наук, Россия), *Федоськина Л.А.* (канд. экон. наук, Россия), *Хитухина Е.Г.* (д-р филос. наук, Россия), *Цуцулян С.В.* (канд. экон. наук, Республика Армения), *Чиладзе Г.Б.* (д-р юрид. наук, Грузия), *Шамишина И.Г.* (канд. пед. наук, Россия), *Шарипов М.С.* (канд. техн. наук, Узбекистан), *Шевко Д.Г.* (канд. техн. наук, Россия).

Содержание

PHYSICO-MATHEMATICAL SCIENCES.....	5
<i>Афонин А.Г., Чесноков Ю.А., Янович А.А.</i> (Российская Федерация) ОПТИКА ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ НА КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ / <i>Afonin A.G., Chesnokov Yu.A., Yanovich A.A.</i> (Russian Federation) OPTICS OF BEAMS OF CHARGED PARTICLES BASED ON CRYSTALLINE ELEMENTS	5
TECHNICAL SCIENCES.....	46
<i>Alekseev A.A.</i> (Russian Federation) BRANCHING RATE OF CRACKS IN SOLIDS / <i>Алексеев А.А.</i> (Российская Федерация) СКОРОСТЬ ВЕТВЛЕНИЯ ТРЕЩИНЫ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ	46
HISTORICAL SCIENCES.....	49
<i>Ши Х.</i> (Российская Федерация) АНАЛИЗ ЗВЕРИНОГО СТИЛЯ БРОНЗОВОГО ВЕКА В ЮНЬНАНИ (КИТАЯ) / <i>Shi H.</i> (Russian Federation) ANALYSIS OF THE BRONZE AGE ANIMAL STYLE IN YUNNAN (CHINA)	49
ECONOMICS.....	57
<i>Andriyanov P.Yu.</i> (Russian Federation) INCREASING THE EFFICIENCY OF AN ENTERPRISE BASED ON FINANCIAL INDICATORS / <i>Андрьянов П.Ю.</i> (Российская Федерация) ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ФИНАНСОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....	57
<i>Korobchuk A.B.</i> (Russian Federation) ANALYSIS OF GLOBAL EXPERIENCE IN CREATING REFERENCE CENTERS / <i>Коробчук А.Б.</i> (Российская Федерация) АНАЛИЗ МИРОВОГО ОПЫТА СОЗДАНИЯ РЕФЕРЕНС-ЦЕНТРОВ	60
<i>Polikarpov S.V.</i> (Russian Federation) ASSESSMENT OF ECONOMIC POTENTIAL DEVELOPMENT / <i>Поликарпов С.В.</i> (Российская Федерация) ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА	63
<i>Ryabov A.A.</i> (Russian Federation) BUSINESS PLANNING IN THE STRUCTURE OF THE ENTERPRISE'S STRATEGIC DEVELOPMENT PLAN / <i>Рябов А.А.</i> (Российская Федерация) БИЗНЕС-ПЛАНИРОВАНИЕ В СТРУКТУРЕ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНА РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	66
<i>Chuprygin V.P.</i> (Russian Federation) MODELS OF AGRI TOURISM DEVELOPMENT ABROAD / <i>Чупрыгин В.П.</i> (Российская Федерация) МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ АГРОТУРИЗМА ЗА РУБЕЖОМ.....	70
PEDAGOGICAL SCIENCES.....	74
<i>Коноплянский Д.А.</i> (Российская Федерация) ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВУЗА И ПРЕДПРИЯТИЯ: ОПЫТ БАЗОВОЙ КАФЕДРЫ ПО ПОДГОТОВКЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ ВЫПУСКНИКОВ ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА ТРУДА / <i>Konoplyansky D.A.</i> (Russian Federation) INTERACTION BETWEEN UNIVERSITY AND ENTERPRISE: EXPERIENCE OF THE BASIC DEPARTMENT IN PREPARING COMPETITIVE GRADUATES FOR THE REGIONAL LABOR MARKET.....	74

<i>Гаева А.В.</i> (Российская Федерация) ДИСКУРС - АНАЛИЗ ФИЛОСОФСКО-ПОЛИТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ Б. РАССЕЛА «POWER: A NEW SOCIAL ANALYSIS» / <i>Gaeva A.V.</i> (Russian Federation) DISCOURSE ANALYSIS OF B.RUSSELL'S PHILOSOPHICAL AND POLITICAL RESEARCH "POWER: A NEW SOCIAL ANALYSIS"	81
<i>Abdullaev B.I.</i> (The Republic of Uzbekistan) THE ESSENCE OF THE CONCEPT OF SPIRITUAL CULTURE / <i>Абдуллаев Б.И.</i> (Республика Узбекистан) СУТЬ ПОНЯТИЯ ДУХОВНАЯ КУЛЬТУРА.....	88

ОПТИКА ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ НА КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ

Афонин А.Г.¹, Чесноков Ю.А.², Янович А.А.³
(Российская Федерация)

¹Афонин Александр Гаврилович – ведущий инженер,

²Чесноков Юрий Андреевич – доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник,

³Янович Андрей Антонович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник

НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ,
г. Протвино

Аннотация: в данной статье мы представляем краткий обзор основных результатов по использованию кристаллов в ускорителях, включая перспективы на будущее. А именно: коллимация и вывод пучков протонов, каналы частиц нового типа для положительно заряженных вторичных частиц, производство пучков нейтрино высокой энергии и кристаллический мюонный коллайдер. Сформулированные предложения с кристаллами применимы для настоящих и будущих адронных коллайдеров. Изложенные идеи подтверждаются экспериментальными исследованиями как на ускорителях ЦЕРН, так и на отечественном ускорителе U-70.

Ключевые слова: каналирование в кристаллах, ускорители, вывод пучков, мюонный коллайдер.

OPTICS OF BEAMS OF CHARGED PARTICLES BASED ON CRYSTALLINE ELEMENTS

Afonin A.G.¹, Chesnokov Yu.A.², Yanovich A.A.³ (Russian Federation)

¹Afonin Alexander Gavrilovich - Leading engineer,

²Chesnokov Yuriy Andreevich – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Chief research scientist,

³Yanovich Andrey Antonovich - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior research scientist

NRC "KURCHATOV INSTITUTE" - IHEP,
PROTVINO

Abstract: in this article, we present a brief overview of the main results on the use of crystals in accelerators, including prospects for the future. Namely: the collimation and extraction of proton beams, a new type of particle channels for positively charged secondary particles, the production of high-energy neutrino beams and a crystal muon collider. The formulated proposals with crystals are applicable to present and future hadron colliders. The ideas presented are confirmed by experimental studies both at the CERN accelerators and at the domestic accelerator U-70.

Keywords: channeling in crystals, accelerators, beam extraction, muon collider.

УДК 539.1.07

Введение

Современные крупные ускорители уходят в Тэвную область по энергии, БАК (Большой адронный коллайдер, LHC) уже работает на 7 ТэВ. Планируется БКК (Будущий кольцевой коллайдер, FCC) с энергией до 50 ТэВ. В России также имеется

проект ускорителя в Тэвной области энергии - Ускорительно накопительный комплекс (УНК) на энергию 3 ТэВ.

В этом диапазоне энергий управлять траекториями частиц с помощью электромагнитов для получения выведенных пучков становится сложно и очень затратно. Для этих целей разработаны высокоградиентные устройства на основе изогнутых кристаллов. Эти кристаллы могут работать как поворотные устройства и сверхсильные линзы с фокусным расстоянием менее 1 м, с эквивалентным магнитным полем 1000 Тесла.

В 1976 году Э.Н. Цыганов из Дубны (ОИЯИ) теоретически обосновал возможность отклонения заряженных частиц с помощью изогнутых кристаллов [1]. Эта идея была подтверждена в первых экспериментах, проведенных в Дубне в 1979 году совместной группой ученых из ОИЯИ и Лаборатории им. Ферми США [2].

Кроме того, заметным событием в физике высоких энергий стал вывод протонных пучков с помощью изогнутых кристаллов из синхрофазотрона ОИЯИ в 1984 году [3] и из современного протонного синхротрона ИФВЭ в 1989 году [4]. Углы изгиба кристаллов составляли 35 мрад и 80 мрад, соответственно, а эффективность вывода в обоих случаях составляла примерно 10^{-4} .

С этого момента произошел стремительный рост публикаций и новых результатов, как в НИЦ КИ ИФВЭ, так и в мире. На всех крупнейших ускорителях мира до сих пор проводятся эксперименты по каналированию в изогнутых кристаллах. К серьезным достижениям можно отнести использование коротких кристаллов для эффективного вывода пучка из ускорителя У-70 [5–7]. Этот успех стимулировал исследования коллимации пучка с помощью коротких кристаллов на ускорителях и коллайдерах RHIC [8], Tevatron [9], SPS [10] и наконец, LHC [11]. Для реализации коллимации на LHC был проведен большой объем предварительных исследований взаимодействия пучка с короткими изогнутыми кристаллами в рамках международной программы UA9. Результаты этих пятнадцатилетних исследований кратко описаны в обзорных статьях [12, 13]. В данной работе мы более подробно отразили исследования, проведенные при активном участии группы ИФВЭ. Также кратко описаны достижения последних лет, выполненные в этом направлении на отечественном ускорителе У-70. В заключительной главе представлены перспективы использования кристаллических элементов на современных ускорителях высоких энергий.

Именно при высоких энергиях раскрываются в полной мере возможности кристаллов по управлению пучками частиц. Дело в том, что многократное кулоновское рассеяние убывает с ростом энергии как $\theta_{\text{mult}} \sim (1/E)$, а когерентные электромагнитные процессы в поле кристалла как $\theta_c \sim (1/E)^{1/2}$. Поэтому, чем выше энергия, тем лучше работают кристаллы, и возрастает значимость их применения на ускорителях.

Глава 1. Вывод пучка протонов из У-70

Идеи профессора Э.Н. Цыганова из Дубны использовать каналирование в изогнутых кристаллах для управления пучками частиц (см рис. 1а) были проверены и продвинуты во многих экспериментах. Этот метод нашел наиболее широкое практическое применение на ускорителе У-70 в ИФВЭ, где кристаллы используются в регулярных сеансах работы для вывода и формирования пучка. Теоретические вопросы физики каналирования были детально описаны в [14, 15], наиболее подробные экспериментальные данные были получены в эксперименте UA9 (см. [12, 13] и ссылки).

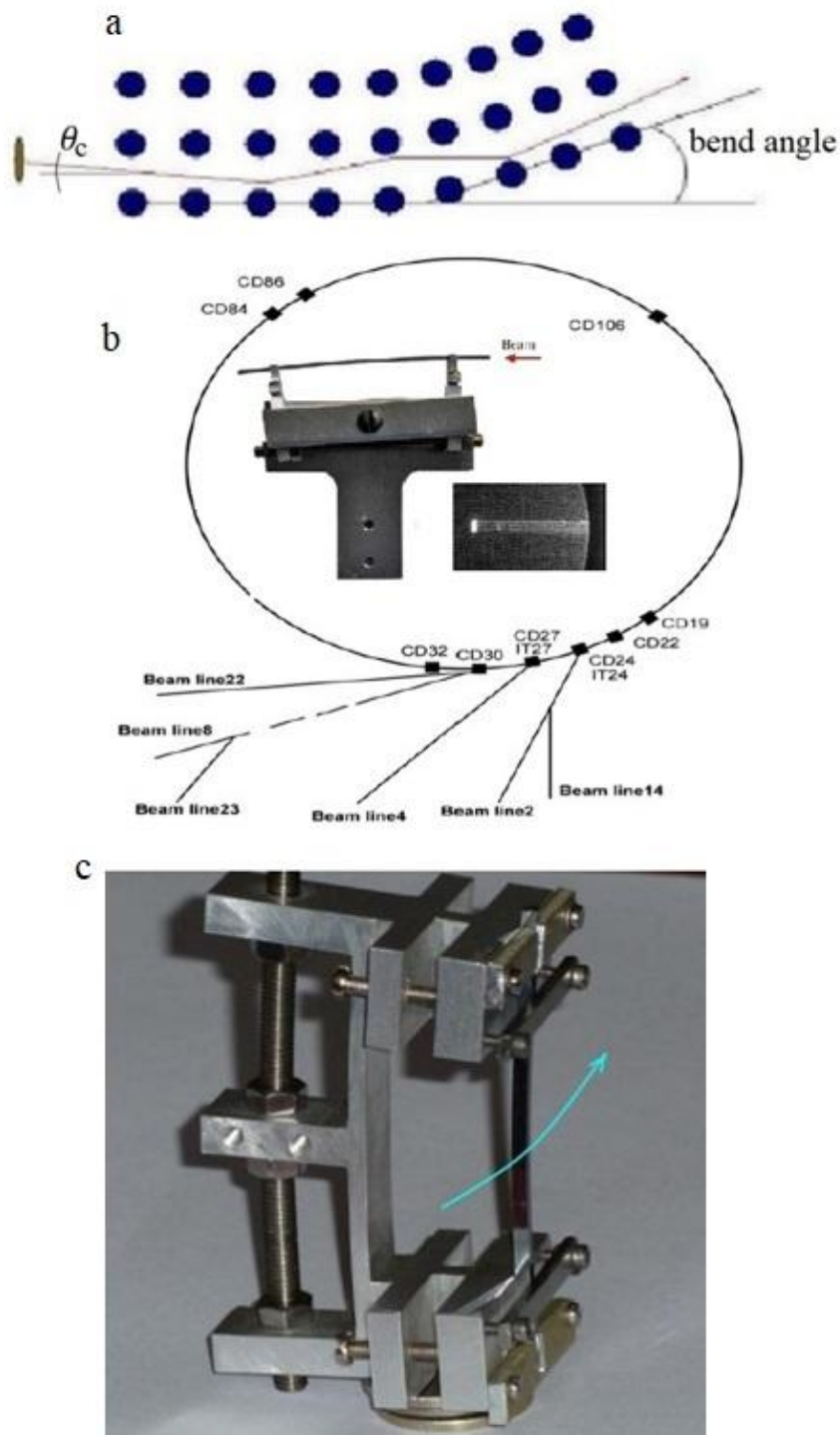


Рис.1. а - Схема поворота траектории частицы в изогнутом кристалле. б - кристаллические дефлекторы в У-70 (на вставке показаны изогнутый кристалл и изображение отклоненного им пучка); CD-кристаллические дефлекторы, IT - внутренние мишени. с – полосковый кристаллический дефлектор с малым углом изгиба.

Здесь лишь кратко отметим, что эффективность отклонения частиц изогнутым кристаллом определяется отношением критического угла каналирования θ_c к расходимости пучка φ и убывает экспоненциально с длиной кристалла L : $\text{Eff} \sim (\theta_c / \varphi) \times \exp(-L / L_d)$, где характерный параметр L_d , называемый длиной деканалирования, линейно растет с энергией частиц и для протонов с энергией 100 ГэВ составляет 5 см в слабоизогнутом кристалле. Изгиб кристалла приводит к возникновению центробежной силы, уменьшающей эффективность каналирования. Существует критический радиус каналирования R_c , при котором каналирование становится невозможным. Для частиц с энергией 100 ГэВ он равен 20 см для плоскости (110) кремния, и также линейно растет с энергией, как и параметр L_d . С ростом угла изгиба кристалла эффективность поворота частицы падает практически до нуля для угла $\theta_{\max} \sim L_d/R_c = 0.25$ рад. Так же следует отметить, что критический угол каналирования (угол Линдхарда) довольно мал ($\theta_c \sim (1/E)^{1/2} = (0.02 - 0.002)$ мрад для протонов с энергиями $E = (100 - 10000)$ ГэВ соответственно). Поэтому этот метод управления пучками не является универсальным, но может быть очень полезным в нескольких случаях, особенно для вывода циркулирующего пучка и его деления в каналах частиц, где изогнутые кристаллы выполняют роль миниатюрных магнитов.

В настоящее время в У-70 действуют 10 специальных станций, на которых установлены 13 различных кристаллических дефлекторов [16]. Расположение станций с изогнутыми кристаллами в У-70 представлена на рис. 1б. Часть циркулирующего пучка направляется к кристаллу медленно нарастающим магнитным полем дополнительных катушек (так называемых бампов). Система с обратной связью может регулировать эту часть пучка в широком диапазоне, как наведение к внутренним мишеням. Данная система позволяет реализовать режим одновременного вывода пучка в разных направлениях несколькими кристаллами.

Одним из способов использования изогнутых кристаллов является прямой вывод протонов из кольца ускорителя кристаллом. В этом случае используются протяженные кристаллы, которые дают возможность получать большие углы отклонения, сравнимые с $\theta_{\max}$. Есть две станции такого типа в ускорителе (рис. 1б, CD24, CD27). Они выводят пучки протонов на экспериментальные установки, которые обычно работают со вторичными частицами от внутренних мишеней. Углы изгиба для таких дефлекторов составляют (80 – 90) мрад, а длина – (60 – 70) мм. На вставке рисунка 1б показан внешний вид такого типа кристаллического детектора CD27. На люминесцентном экране видно (изображение пучка на вставке рисунка 1б), что размер выведенного пучка настолько мал, что не требует фокусировки квадрупольными для транспортировки на сотни метров.

Из-за большой длины кристалла и изгиба эффективность вывода низкая $\sim 10^{-4}$. Причина невысокой эффективности вывода в этих экспериментах заключается в том, что при больших длинах и углах изгиба кристаллов захват частиц в каналирование происходит в основном при первом прохождении кристалла. Не захваченные в каналирование частицы сильно рассеиваются и, в конечном итоге, теряются. Для реализации эффективного многооборотного вывода, когда частицы, не захваченные при первом прохождении кристалла, могут быть захвачены в последующие прохождения. Как показали расчеты [17, 18], для этого требуются кристаллы небольшой длины с малыми углами изгиба. Эффективность захвата частиц в каналирование в этом случае можно оценить, исходя из следующих соображений. Как правило, регулярная кристаллическая структура приповерхностного слоя кристалла толщиной ~ 10 микрон нарушается в процессе его обработки. Частицы при прохождении этого слоя будут испытывать многократное кулоновское рассеяние, а часть из них потеряется в результате ядерных взаимодействий. При последующем попадании в кристалл, но уже в его регулярную часть, пучок на входе будет иметь Гауссово распределение со среднеквадратичным углом σ , определяемым формулой:

$$\sigma = \frac{14(\text{МэВ/с})}{p(\text{МэВ/с})} \sqrt{\frac{L}{L_R}} \left(1 + \frac{1}{9} \lg \{L/L_R\} \right)$$
 где L – длина кристалла, L_R – радиационная длина, равная в кремнии 9,36 см. В последующих прохождениях частицами кристалла среднеквадратичный угол рассеяния σ будет расти по закону $\sigma_k = \sqrt{k} \sigma$, где k – число проходов. Таким образом, эффективность вывода пучка кристаллом быстро растет с уменьшением длины кристалла и угла его изгиба. Эта возможность была реализована в [5–7] с помощью полоскового кристалла, показанного на рис.1с. На рис.2а обобщаются данные по измерению эффективности кристаллического вывода из У-70 кристаллами, изогнутыми на разные углы [16].

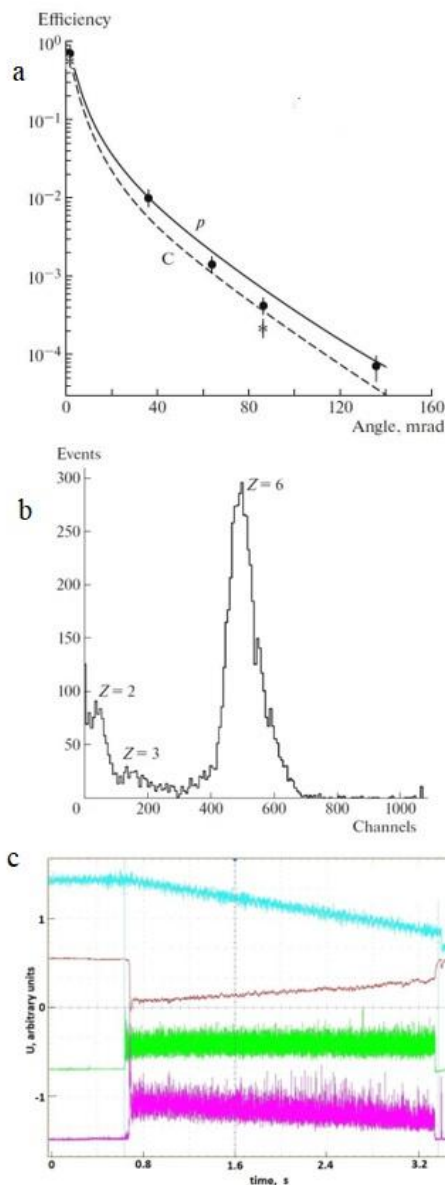


Рис. 2. а - Эффективность вывода протонов и ионов углерода кристаллами, изогнутыми на разные углы. б- Состав выведенного пучка ионов, с - разделение пучка между кристаллами CD19 (фиолетовый луч) и CD27 (зеленый луч). Голубой луч- интенсивность в У-70, красный луч- высокочастотный шум для наведения пучка.

В результате многолетней практики было установлено, что кристаллы могут выводить пучки частиц с варьируемой интенсивности от 10^6 до 10^{12} частиц в цикле без специального охлаждения в течение тысяч часов без видимого ухудшения эффективности. Радиационная стойкость для кристаллов кремния в режиме каналирования составляет 10^{20} см^{-2} . Такой метод вывода пучка является хорошим дополнением к медленному классическому выводу пучка с интенсивностью до 10^{13} частиц в импульсе. Он показывает надежную, воспроизводимую и предсказуемую работу.

Пучки от кристаллов обладают малым эмиттансом, имеют удивительную пространственную стабильность по сравнению с обычными пучками и легко перестраиваются в широком диапазоне по интенсивности. Эти положительные особенности вывода пучка кристаллом из У-70 позволили недавно провести исследование калориметров крупной международной установки АТЛАС. Также возможность варьировать интенсивность полезна при выводе пучка ионов из кольца, чтобы избежать фрагментации при взаимодействии ионного пучка с материалом коллиматоров.

1.1 Вывод ионов углерода кристаллами из У-70.

В последние годы реализуется программа ускорения легких ионов в ускорительном комплексе У-70. Положительные особенности кристаллического вывода пучка были подтверждены и для ионов. На рис.2а экспериментальные точки для углерода согласуются с теоретической кривой [19]. В расчетах эффективности вывода пучка кристаллом с помощью программы СКРЕПЕР [20] учитывались прохождение частиц в кристалле с учетом ядерных взаимодействий и многократное прохождение в ускорителе У-70. Следует отметить, эффективность вывода ионов углерода в несколько раз ниже соответствующей величины для протонного пучка, хотя каналирующие свойства кристаллов одинаковы для протонов и ионов с одинаковой магнитной жесткостью (p/z) - отношение импульса частицы к ее заряду, что было установлено в [21, 22]. Более низкая эффективность вывода и коллимации циркулирующего пучка ионов по сравнению с протонами наблюдалась также в [23–24] и объясняется более интенсивным ядерным взаимодействием ионов с кристаллической мишенью по сравнению с протонами при многооборотном движении частиц в ускорителе.

Комплекс У-70 работал с ионами в общей сложности 4 сеанса. В этот период были исследованы различные схемы вывода и типы кристаллических дефлекторов, измерены размеры выведенного пучка и его состав (рис. 2b). Также исследовались режимы одновременной работы кристаллов. На рис. 2с показана осциллограмма параллельной работы двух кристаллов в одном цикле ускорения.

В результате проведенных экспериментов показано, что с помощью изогнутых кристаллов возможен вывод пучков ионов в различные каналы транспортировки частиц для физических установок с приемлемыми параметрами – интенсивностью, размерами, временной структурой и составом пучка. Нежелательная фрагментация довольно низка. Следует отметить, что повреждение кристалла вследствие облучения ионами высоких энергий существенно больше, чем протонами. И эта проблема требует дальнейших исследований.

Глава 2. Исследование объемного отражения релятивистских частиц в мультикристаллических структурах

Недавно сотрудниками НИЦ КИ – ИФВЭ совместно с коллегами из нескольких российских и зарубежных научных центров было открыто новое физическое явление — отражение пучка протонов высокой энергии от изогнутых атомных плоскостей кристалла кремния [25–30]. Объемное отражение обусловлено взаимодействием налетающего протона с потенциалом изогнутой атомной решетки и происходит на малой длине в области касательной к изогнутой атомной плоскости, приводя к отклонению частицы в сторону, противоположную изгибу (см. рис.3).

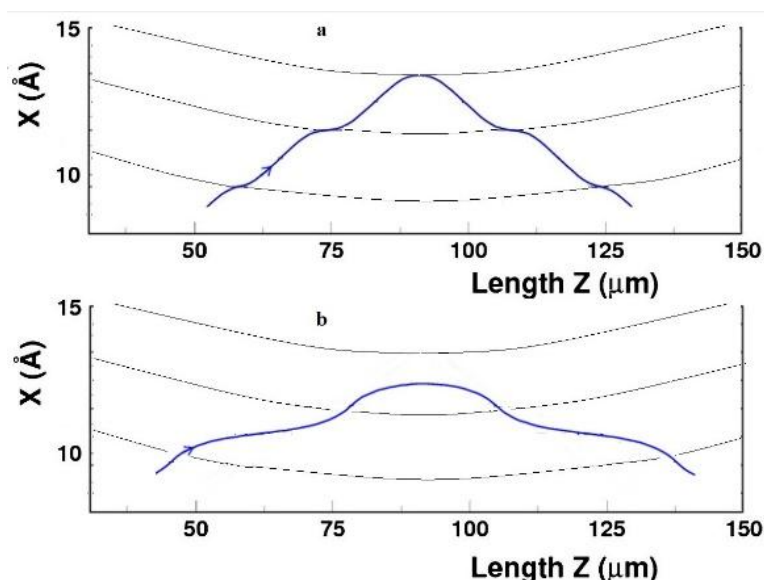


Рис.3. а - Расчетная траектория положительно заряженной 150 ГэВ - частицы вблизи касательной к изогнутым атомным плоскостям в кристалле кремния, б- траектория отрицательно заряженной 150 ГэВ-частицы [28].

Вероятность отражения высока и при энергиях около 100 ГэВ приближается к единице. Явление отражения происходит в широкой области углов и более эффективно, чем обычное каналирование [15]. Поэтому имеются реальные перспективы для использования отражения при выводе и коллимации пучков на больших ускорителях.

Угол отклонения для положительно заряженных частиц при отражении от кристаллографических плоскостей ограничен величиной $1.5 \theta_c$, а для отрицательно заряженных частиц – $0.8 \theta_c$ (см., например, [27, 28, 30]), где $\theta_c = (2U_c/pv)^{1/2}$ - критический угол каналирования, $U_c \sim 20$ эВ – величина плоскостного канала (111) в кремнии, p , v - импульс и скорость налетающей частицы. Для задач ускорительной физики требуется увеличение угла отражения в несколько раз. Было предложено два пути для этого:

- Кратное отражение на цепочке кристаллов [31], этот эффект известен как MVR (multiple volume reflection).
- Кратное отражение в одном кристалле, ориентированном вблизи оси, суммарным потенциалом нескольких косых плоскостей [32, 33], который назвали MVROC (multiple volume reflection in one crystal).

Экспериментальные исследования с такими кристаллическими устройствами, разработанными в НИЦ КИ ИФВЭ, описаны в данном разделе.

2.1. Эксперименты по отклонению протонов и отрицательных пионов с помощью отражения

Впервые объемное отражение было предсказано в 1987 году А.С. Воробьевым и А.М. Таратыным при детальном компьютерном анализе объемного захвата [29]. В 2002 году в совместном эксперименте ПИЯФ и ИФВЭ на ускорителе У-70 исследовался процесс каналирования пучка протонов с энергией 70 ГэВ в изогнутом кристалле кремния. На фотоэмульсии, которая служила детектором частиц, помимо протонов, отклоненных за счёт процесса каналирования, были замечены светлая линия и темная линия с противоположным углом отклонения. Авторы сначала предположили, что это дефекты в кристалле или в фотоэмульсии. Позднее в результате анализа данных было показано, что дополнительные линии объясняются

эффектом отражения [25]. В 2006 году в ПИЯФ на синхроциклотроне с энергией 1 ГэВ был выполнен эксперимент с количественной оценкой процессов каналирования и объемного отражения. Полученная эффективность объемного отражения составила 70% [26]. Детальное исследование процесса отражения положительно и отрицательно заряженных частиц проведено в [27, 28] с помощью микростриповых детекторов.

Для практического применения объемного отражения при выводе и коллимации пучков необходимо увеличить угол отклонения частиц пучка в несколько раз.

Эксперименты по отклонению протонного пучка с импульсом 400 ГэВ/с и пучка отрицательных пионов с импульсом 150 ГэВ/с были проведены в CERN на ускорителе SPS с использованием многополосного кремниевго дефлектора в режиме отражения [34]. Конструкция восьмиполосного кристаллического устройства приведена на рисунке 4d. Отдельные кристаллические полоски имеют ширину 2 мм вдоль пучка, 40 мм в длину и 0,9 мм в толщину поперек пучка.

Экспериментальная установка позволяла измерять траектории частиц с угловым разрешением 3 мкрад, ограниченным многократным рассеянием частиц в детекторах и воздухе. Использовались четыре пары микростриповых кремниевых детекторов, расположенных две пары до кристалла и две пары за кристаллом по пучку. Угловая расходимость в горизонтальной и вертикальной плоскостях падающего пучка составила около 10 мкрад. Между второй и третьей парами микростриповых детекторов был установлен высокоточный гониометр, который ориентировал кристаллическое устройство в горизонтальной и в вертикальной плоскости с точностью до 2 мкрад [34].

Двухмерные цветные гистограммы на рисунке 4а и 4с показывают распределение интенсивности пучков 400 ГэВ/с протонов и 150 ГэВ/с отрицательных пионов соответственно, прошедших через кристалл в зависимости от углов отклонения частиц θ_x и углового положения гониометра ϕ_x . На рисунке 4b для данного кристаллического дефлектора представлен расчет методом Монте-Карло для 400 ГэВ/с протонов программой СКРЕПЕР [20]. Максимальные отклонения частиц, видимые при $\theta_x > 0$ вблизи центральной области сканирования, происходят из-за каналирования. Два отдельных максимума интенсивности пучка, отмеченные символом (*), объясняются разориентацией кристаллов в последовательности. В угловой области $\theta_x < 0$, отклонения происходят из-за многократного объемного отражения частиц (MVR), пересекающих полную последовательность полосок. Средний угол отражения многополосного кристаллического устройства можно представить как $\langle \theta_{vr} \rangle = \langle \alpha_{vr} \rangle * n$, где $\langle \alpha_{vr} \rangle$ – средний угол отражения для одного кристалла, n – число кристаллов в кристаллическом устройстве и $n \leq 10$. Дальнейшее увеличение количества кристаллов приводит к потере эффективности процесса из-за возрастания количества ядерных взаимодействий.

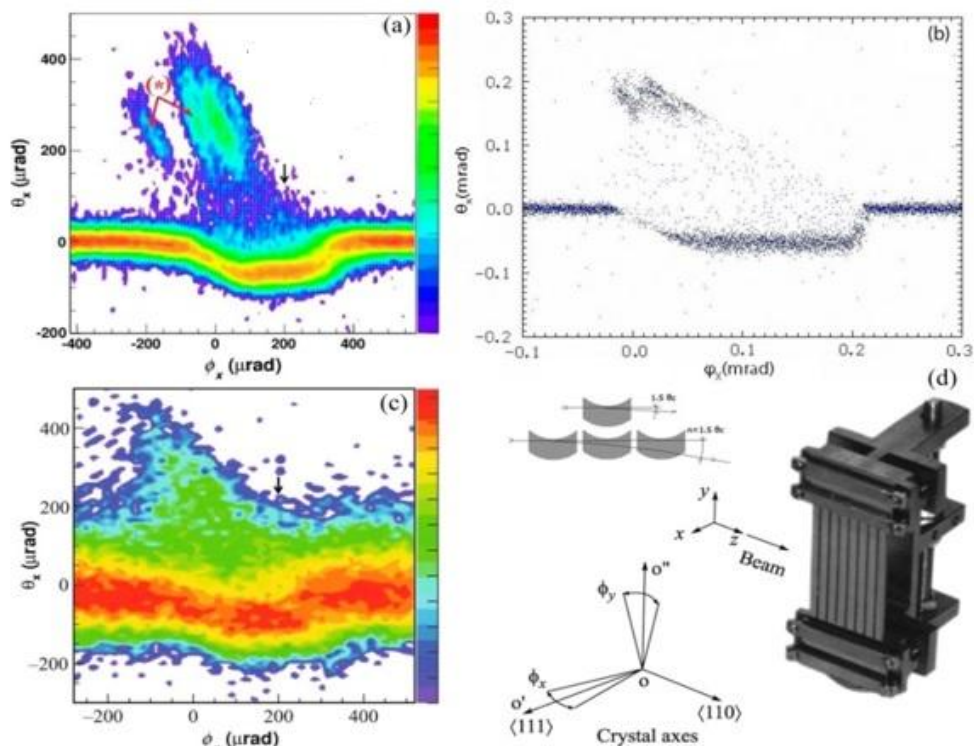


Рис. 4. Отклонение пучка кристаллическим дефлектором. Здесь ϕ_x – угол вращения кристалла относительно направления пучка, θ_x – угол отклонения налетающих частиц. Распределение интенсивности 400 ГэВ/с пучка протонов, прошедшего через кристаллический дефлектор (a) и расчет выполненный методом Монте-Карло с учетом разориентации отдельных полосок на величину 50 мкрад (b). Распределение интенсивности 150 ГэВ/с пучка отрицательных пионов, прошедших через кристаллический дефлектор в зависимости от углов отклонения пионов θ_x и углового положения гониометра ϕ_x (c), конструкция дефлектора, представляющая восьмиполосное кристаллическое устройство и схема его установки в гониометр (d).

На рисунке 5a и 5b приведены распределения протонов и отрицательных пионов в горизонтальных углах отклонения θ_x для фиксированного положения гониометра ($\phi_x \sim 200$ мкрад), что соответствует плоскостному отражению. Эффективность одностороннего отклонения ($\theta_x < 0$) составила около 94% для положительных частиц и около 71% для отрицательных частиц. Эффективность отклонения, обусловленная MVR ($\theta_x < \theta_b$) для положительных частиц составила 92% (см. заштрихованную область рисунка 13a).

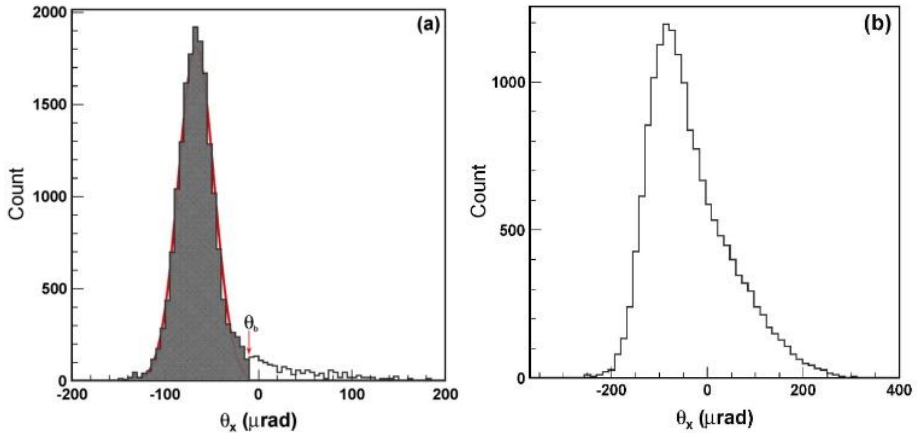


Рис. 5. Распределение горизонтального отклонения углов θ_x в условиях последовательных объемных отражений в восьмиполосном кристаллическом устройстве, отмеченных стрелками на рисунках 4а и 4с для протонов и отрицательных пионов соответственно. Значение угла $\theta_b = \langle \theta_{vr} \rangle + 3\sigma_{vr}$ определяет границу между объемно отраженной и неотраженной частью пучка.

Значения среднего угла отражения $\langle \theta_{vr} \rangle$ и среднеквадратичного отклонения (RMS) для восьмиполосного кристаллического устройства в плоскостной ориентации составили: $\langle \theta_{vr} \rangle = 68$ мкрад, $RMS = 16,5$ мкрад для протонов 400 ГэВ/с и $\langle \theta_{vr} \rangle = 78$ мкрад, $RMS = 38,4$ мкрад для отрицательных пионов 150 ГэВ/с. Измеренные средние углы отражения составляют около 80% от расчетных значений, так как для рассматриваемой ориентации кристаллического устройства две полоски из восьми были разориентированы (см. рисунок 4а).

На втором этапе исследования использовался метод увеличения угла отражения за счет осевых эффектов в кристаллах (эффект MVROC). В этом случае за счет вклада косых кристаллических плоскостей при ориентации кристалла вблизи кристаллографической оси возможно увеличения отклонения траектории частицы в $A_F \sim 3 - 5$ раза, где A_F – аксиальный фактор. Рис.6 поясняет этот эффект.

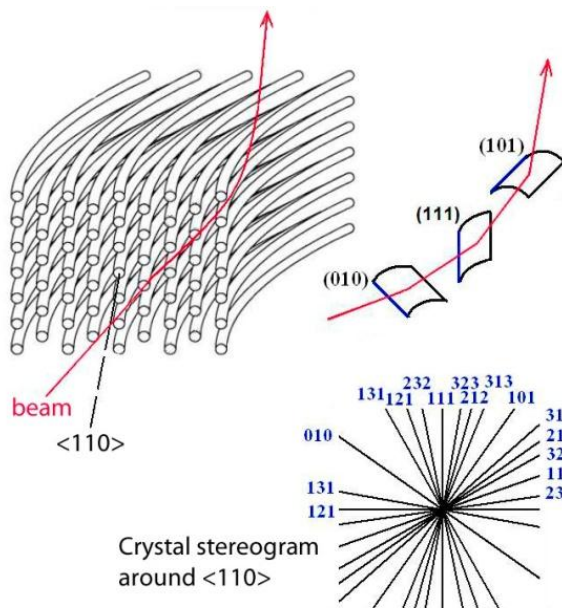


Рис. 6. Схема отклонение частиц в кристалле (MVR OC) вблизи кристаллографической оси $\langle 110 \rangle$. К эффекту основной изогнутой плоскости (111) добавляются отражения от косых плоскостей (010) и (101) и других менее сильных.

В ранее выполненных работах способ увеличения угла отражения за счет осевых эффектов в одиночных кристаллах был подтвержден экспериментально для положительных и отрицательных частиц в выведенном пучке на ускорителе SPS в CERN [35,36] и проверен в циркулирующем пучке в синхротроне У-70 [37].

После нахождения плоскостного отражения для нашего кристаллического устройства $\phi_x \sim 200$ мкрад (см. вертикальные стрелки на рисунках 4а и 4с), горизонтальный угол ϕ_x гониометра был зафиксирован, и начался процесс сканирования относительно вертикального угла ϕ_y (см. рисунок 4d) в области, близкой к кристаллографической оси. Результаты сканирования относительно вертикального угла ϕ_y для пучков протонов 400 ГэВ/с и отрицательных пионов 150 ГэВ/с, а также расчет методом Монте-Карло программой СКРЕПЕР для 400 ГэВ/с протонов для многополосного кристаллического устройства представлены на рисунке 7.

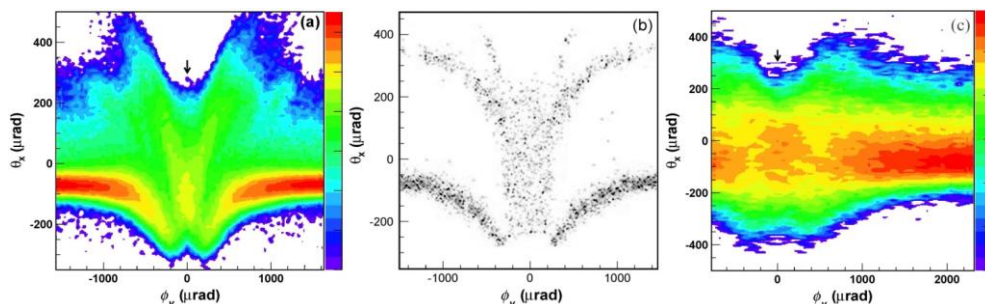


Рис. 7. Распределение интенсивности пучка, прошедшего через восьмиполосное кристаллическое устройство в зависимости от углов отклонения частиц θ_x для разных положений гониометра ϕ_y . Эксперимент для пучка протонов 400 ГэВ/с (а) и расчет методом Монте-Карло (b), эксперимент для пучка отрицательных пионов 150 ГэВ/с (с).

Значения среднего угла отражения $\langle \theta_{vr} \rangle$ и среднеквадратичного отклонения (RMS) для восьмиполосного кристаллического устройства в осевой ориентации составили: $\langle \theta_{vr} \rangle = 102$ мкрад, $RMS = 79$ мкрад для протонов 400 ГэВ/с и $\langle \theta_{vr} \rangle = 64$ мкрад, $RMS = 106$ мкрад для отрицательных пионов 150 ГэВ/с.

В результате было продемонстрировано, что многополосный дефлектор в осевой ориентации значительно увеличил угловую ширину пучка по сравнению с рассеянием в аморфном положении, а по сравнению с плоскостной ориентацией более чем в 4 раза для протонов и почти в 3 раза для отрицательных пионов. Эффективность одностороннего отклонения ($\theta_x < 0$) составила для протонов около 88% и для отрицательных пионов около 70%. Полученные экспериментальные результаты показывают возможность применения кратного объемного отражения частиц в многополосных кристаллах для коллимации пучка в ускорителях высоких энергий. Эта возможность особенно важна для пучков отрицательно заряженных частиц из-за низкой эффективности каналирования.

2.2. Испытания устройств – отражателей для сверхвысоких энергий

Многополосное кристаллическое устройство, изогнутое механическим держателем для пучков частиц ТэВ-ных энергий, например, на LHC, выходит за рамки требований к системе локализации LHC. Недостатком такой конструкции кристаллического устройства является разориентация отдельных полосок на величину около 50 мкрад (см. рисунок 4а). Для LHC необходимы кристаллы, разориентированные не более чем на 2-3 микрорадиана друг от друга, изогнутые на несколько десятков микрорадиан с радиусом изгиба около 100 метров. Для решения этой задачи была предложена новая схема изгиба, не прибегая к внешнему изгибающему устройству. На монолитную плоскую пластину кремния с помощью фрезы треугольного профиля наносились механические канавки с равномерным шагом и одинаковой глубиной (см. рис.8). Изгиб полосок происходит за счет внутренних механических напряжений, вызванных этими канавками (эффект Тваймана [38]), а толстая плоская подложка обеспечивает высокую точность взаимной ориентации изогнутых полосок. Глубина треугольных канавок и расстояние между канавками определяют радиус изгиба кристалла и выбираются исходя из энергии протонного пучка.

Устройство было испытано в CERN на пучке протонов с импульсом 400 ГэВ/с [39].

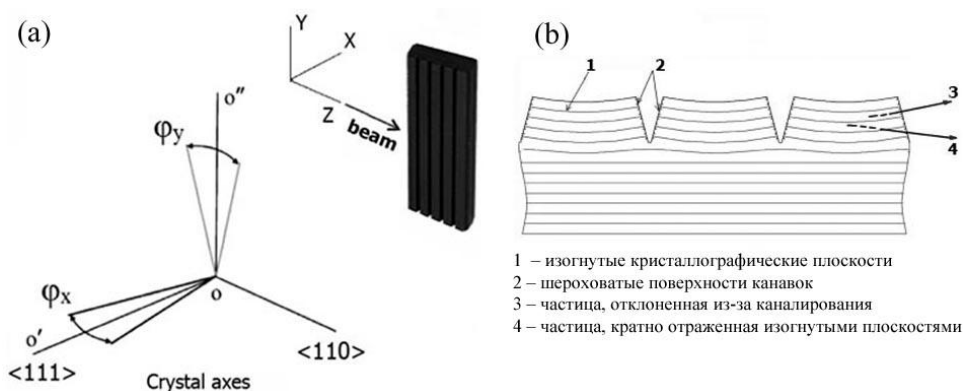


Рис. 8. Изображение пятиполосного кристаллического устройства, и схема его установки относительно пучка (а), принципиальная схема многополосного кристаллического устройства, образованного периодическими канавками на поверхности толстой кристаллической пластинки (b).

Экспериментальная установка была такая же, как описано ранее в [34]. На первом этапе исследования проводилось сканирование горизонтальных углов ориентации

кристаллического устройства φ_x (см. рисунок 9а) для нахождения плоскостной ориентации. Затем найденный угол φ_x фиксировали и проводили сканирование относительно вертикального угла φ_y (см. рисунок 9d) в области, близкой к кристаллографической оси. На рисунке 9b представлены распределение интенсивности 400 ГэВ/с пучка протонов, рассчитанные методом Монте-Карло программой СКРЕПЕР, а на рис. 9с – измеренное распределение углов горизонтального отклонения в плоскостной и в аморфной ориентации кристаллического устройства. Эффективность одностороннего отклонения ($\theta_x < 0$) составила 90%. Положение максимума MVR рано ~ 60 мкрад, что находится в соответствии с теоретическим предсказанием для этого пяти полосного дефлектора $\theta_{mvr} = 5\theta_{vr} = 5 \times 13 = 65$ мкрад [30].

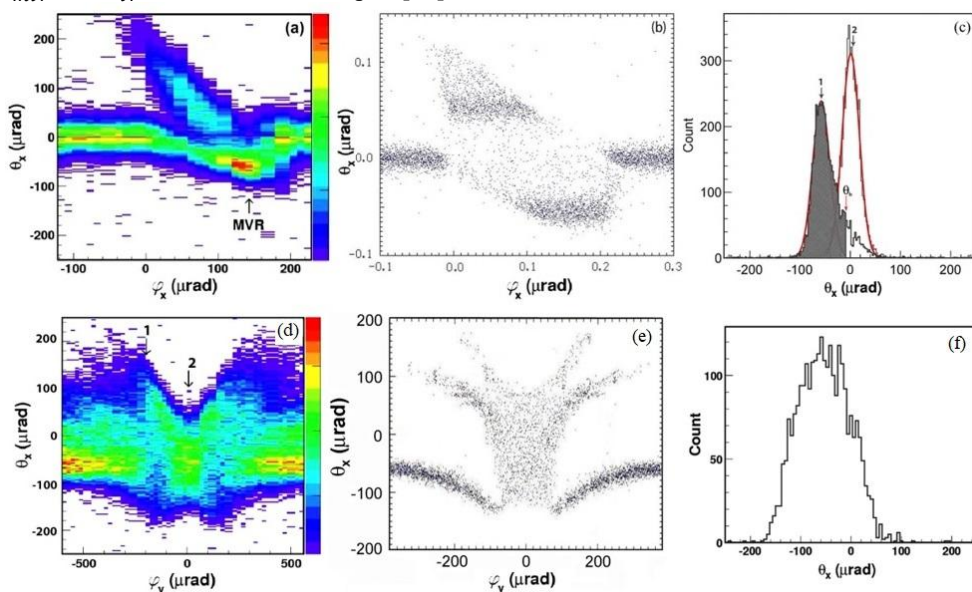


Рис. 9. Распределение интенсивности 400 ГэВ/с пучка протонов, прошедшего через кристаллическое устройство, в зависимости от углов отклонения частиц θ_x и углового положения гониометра φ_x . Стрелка показывает положение угла $\varphi_x \sim 140$ мкрад, для которого объемное отражение протонов реализуется во всех полосах (кратное отражение) (а). Расчет методом Монте-Карло (b). Распределение частиц в горизонтальных углах отклонения θ_x в кристаллическом устройстве. Гистограмма 1 для случая, показанного стрелкой на рисунке 9а. Гистограмма 2 в случае многократного рассеяния частиц в кристаллическом дефлекторе, как в аморфной ориентации, на краях графика 4а (с) Измеренное распределение интенсивности 400 ГэВ/с пучка протонов, прошедшего через пятиполосное кристаллическое устройство в зависимости от углов отклонения частиц θ_x для разных положений гониометра φ_y (d), расчет методом Монте-Карло (e) и измеренное распределение углов отклонения протонов для осевого положения кристалла (f).

Результаты сканирования относительно вертикального угла φ_y , соответствующий расчет методом Монте-Карло программой СКРЕПЕР и измеренное распределение углов отклонения протонов для осевого положения кристалла в гониометре показано на рисунке 4 d, e, f. Для ориентации кристаллического дефлектора, указанного стрелкой, направление оси $\langle 110 \rangle$ совпадает с направлением пучка (осевая ориентация). Угловая ширина пучка (RMS отклонения частиц) в осевой ориентации кристаллического дефлектора составило 50 мкрад, что почти в 3 раза больше, чем для случая кратного отражения в плоскостной ориентации, показанной на гистограмме 1 рисунка 4с.

Показано, что имеется хорошее взаимное выравнивание отдельных изогнутых полос кристалла, а в осевой ориентации, благодаря кратным объемным отражениям в каждой полосе кристалла, угловая ширина пучка почти в 3 раза больше, чем в плоскостной ориентации. Такого типа многополосный дефлектор можно использовать в качестве первичного коллиматора в LHC и FCC [13].

2.3. Возможность коллимации пучка в больших адронных коллайдерах с помощью отражений частиц в изогнутых кристаллах.

В LHC используется многоступенчатая система коллиматоров для поглощения растущего гало циркулирующих пучков, которое представляет угрозу для оборудования, в особенности для сверхпроводящих магнитов LHC [40]. Аналогичная система коллиматоров планируется для коллайдера FCC, и он должен после окончания программы заменить действующий LHC [41]. Первичные коллиматоры LHC, изготовленные из композитов на основе углеродного волокна, отклоняют частицы гало в результате кулоновского рассеяния, таким образом, увеличивая их параметры заброса во вторичные коллиматоры. Взаимодействие протонов с материалом коллиматора приводит к образованию дифракционных протонов, которые могут вылетать из стенок коллиматоров и теряться в магнитах, что ограничивает эффективность очистки существующей коллимационной системы. В преддверии работы LHC с большой светимостью проводились исследования по улучшению системы коллимации пучка. Одним из способов улучшения коллимации пучка является использование для первичного коллиматора короткого изогнутого кристалла в режиме каналирования. Частицы из гало пучка, проходя через кристалл, отклоняются за счет каналирования и забрасываются во вторичный коллиматор [11]. Схема вывода частиц из гало пучка с помощью короткого изогнутого кристалла изображена на рисунке 10.

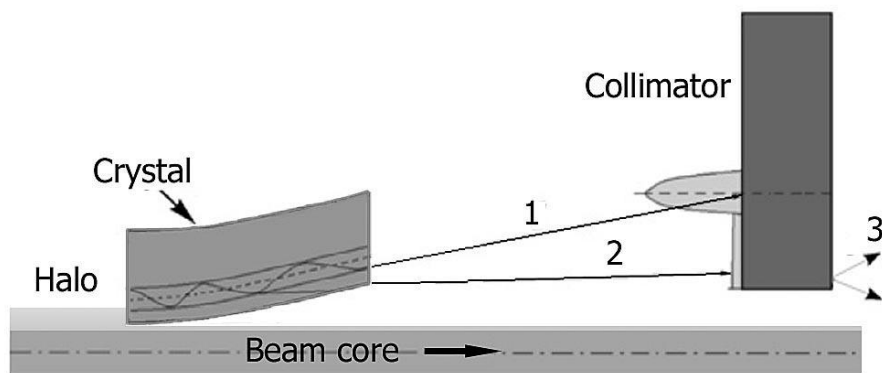


Рис. 10 Схема коллимации пучка с применением короткого изогнутого кристалла, 1 – пик каналированных частиц, которые эффективно отклонились, 2 – фракция деканалированных частиц, 3 – потери на коллиматоре.

Для Тэвных энергий критический угол каналирования довольно мал. Так для протонов с энергией 6.5 ТэВ в LHC критический угол составляет $\theta_c = 2.5$ мкрад, а для протонов с энергией 50 ТэВ в FCC - $\theta_c = 0,92$ мкрад. Такая система коллимации пучка очень чувствительна к угловому положению кристалла, к совершенству его кристаллической структуры и вибрациям разной природы. Одним из типов вибрации может быть эффект, известный с 80-х годов [42], который связан с передачей частицами пучка поперечного импульса кристаллу при их захвате в режиме каналирования. По оценкам [43], даже при интенсивности пучка 10^6 частиц в импульсе могут возникать заметные амплитуды колебаний. Учитывая высокую энергию частиц, кристаллу передается ощутимый поперечный импульс, и

результатирующие амплитудные колебания будут влиять на эффективность кристаллической коллимации.

В связи с вышесказанным может быть реализован другой подход к кристаллической коллимации, основанный на объемном отражении частиц от кристаллографических плоскостей [44]. Одним из таких вариантов в качестве первичного коллиматора для Тэвнских энергий может быть многополосное кристаллическое устройство, описанное выше в этой главе (см. рисунок 8).

Для данного типа кристаллического устройства на Курчатовском источнике синхротронного излучения (КИСИ) с помощью параллельного рентгеновского пучка были проведены исследования изгиба отдельных полосок и их взаимной ориентации [45]. Глубина канавок и длина кристаллических полосок была оптимизирована для энергий LHC. Измерения показали, что в центре полосок, где происходит отражение, радиус постоянный, около 100 м. Исследования в КИСИ, а также на пучке 400 ГэВ/с протонов в CERN SPS показали хорошее взаимное выравнивание отдельных изогнутых полос кристалла, что позволяет использовать данный тип кристаллического устройства в режиме кратного отражения частиц для коллимации пучка протонов LHC и планируемого коллайдера FCC.

В [46, 47] показано, что эффективность процесса отражения ограничена величиной альтернативного процесса, называемого объемным захватом, вероятность которого равна:

$$P_{vc}(R) = \frac{1.39AU_0^{1/4}J_p}{2^{7/4}\sqrt{\pi}E_0^{1/4}\epsilon_{max}d^{1/2}X_0^{1/2}}\left(\frac{R}{R_c} - \frac{\kappa_1}{\kappa_c}\right) \simeq 1 - eff \quad (1)$$

где R – это радиус изгиба, E_0 энергия частицы, U_0 плоскостной потенциальный барьер, ϵ_{max} максимальное значение плоскостного электрического поля, d обозначает межплоскостное расстояние, X_0 радиационная длина, R_c критический радиус каналирования и константы $A = 11$ МэВ, $J_p = 1.49$, $\kappa_c = 0.186$, $\kappa_1 = 0.13$ для кремния.

Для определения значений U_0 , ϵ_{max} , R_c использовалась функция потенциала из рентгеновских измерений [30]. В частности, $R_c = 10.83$ м и 83.33 м для $E_0 = 6.5$ и 50 ТэВ соответственно. Для этих энергий частиц уравнение (1) справедливо для R/R_c менее чем 40-50.

Параметры отражения частицы с энергией 6.5 ТэВ и 50 ТэВ, средний угол отражения α , среднеквадратичное значение углового распределения при отражении **rms** и эффективность процесса, рассчитанные по модели [30, 46] с учетом уравнения (1), показаны на Рис. 11. Следует отметить, что расчеты, выполненные по данной модели, хорошо согласуются с экспериментальными данными при энергиях частиц до 400 ГэВ (см. подробное сравнение в работах [46, 47]).

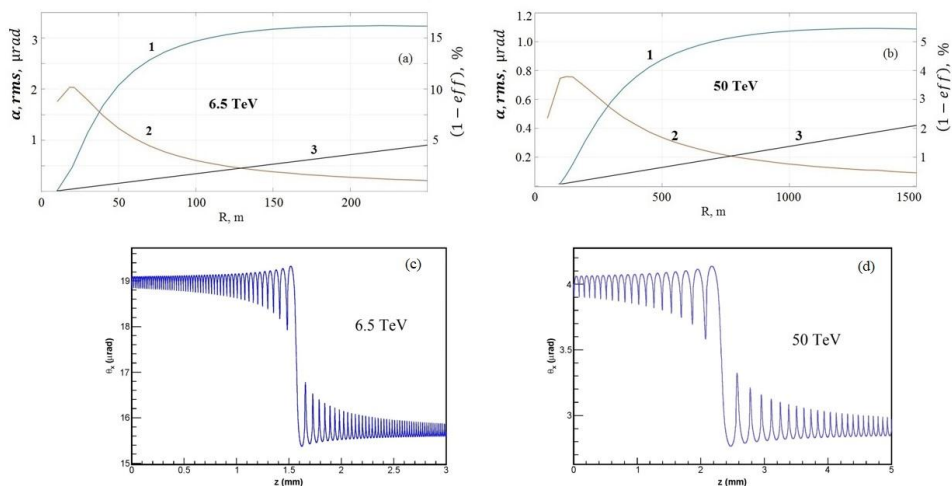


Рис. 11. *a, b* - Зависимость параметров отражения от радиуса изгиба кристалла: кривая 1-средний угол отражения α , 2-среднеквадратичное значение углового распределения rms , 3-величина $(1-eff)$. *c, d* - Зависимость угла θ_x частицы от длины пути в коротком изогнутом кристалле при объемном отражении для энергий протонов 6,5 ТэВ и 50 ТэВ, согласно [44].

Расчетная эффективность кратного отражения на пяти изогнутых полосках составляет около 92% для энергии 6.5 ТэВ в LHC и 95 % для энергии 50 ТэВ в FCC, а соответствующий угол отклонения равен 15 мкрад и 5 мкрад. В осевой ориентации кристаллического устройства средний угол рассеяния и угловая ширина пучка увеличиваются в несколько раз, по сравнению с плоскостным случаем. В этом случае улучшается эффективность кристаллической коллимации и уменьшается радиационная нагрузка на стенки дорогостоящего вторичного коллиматора. На рисунке 11b показаны расчетные угловые характеристики частицы в коротком изогнутом кристалле в режиме отражения для энергий протонов 6.5 ТэВ LHC и 50 ТэВ FCC.

Следует отметить дополнительные положительные качества использования кратного отражения, в сравнении с использованием каналирования:

- Широкий рабочий диапазон по углам в пределах всего угла изгиба кристалла, около 30 мкрад для LHC и около 6 мкрад для FCC. А это означает, что нет сильной чувствительности к вибрации, как при каналировании и меньше требования к гониометрическому устройству. Нет необходимости подстраивать кристалл по углу для каждого цикла накопления. Достаточно настроить угол один раз и дальше двигать кристалл линейно, как обычные коллиматоры.

- Меньше требования к совершенству кристалла, так как отражение происходит в центре кристалла на малой длине порядка $1,2R \times \theta_c$, доли миллиметра (см. рисунок 11 в,г) а при каналировании частицы совершают десятки колебаний вдоль всей длины изогнутого кристалла. Поэтому радиационная стойкость будет выше, и, следовательно, выше долговременная стабильность.

Приведенные аргументы подтверждают вывод о перспективности данного метода коллимации пучка при ТэВ-ных энергиях. Необходимо также заметить, что режим отклонения пучка за счет кратного отражения в многополосных кристаллических устройствах использовался для коллимации пучка в ускорителях с меньшей энергией. Исследования на ускорителе У-70 при энергии 70 ГэВ [37] и на ускорителе Тэватрон в Фермилаб при энергии 1 ТэВ [48] показали, что коллимация на отражении происходит не хуже, чем при каналировании в коротких кристаллах. Стоит также отметить, что кристаллы кремния могут длительное время работать с потоками

частиц $\approx 10^{12} \text{см}^{-2} \text{с}^{-1}$ [16]. Радиационная стойкость для кристаллов кремния в режиме каналирования составляет 10^{20}см^{-2} . Потери частиц на коллиматорах в больших коллайдерах в штатном режиме работы не превышают 10^8 частиц в секунду [40, 41]. Тогда из-за малости размеров пучка плотность потока на кромке коллиматора будет $\approx 10^{11} \text{см}^{-2} \text{с}^{-1}$. Таким образом, при таких радиационных нагрузках кристаллический коллиматор может работать около года в коллайдере, не требуя замены.

Глава 3. Фокусировка пучка частиц кристаллическими приборами.

3.1. Фокусировка из параллельного пучка в линейный фокус. Опыты в НИЦ Курчатовский институт – ИФВЭ на ускорителе У-70 в Протвино и на ускорителе SPS в CERN.

Способ фокусировки слабо расходящегося пучка был предложен А.И. Смирновым (ПИЯФ) в середине 1980-х годов. Суть этого метода заключается в том, что поверхности торца изогнутого кристалла придается особая форма. Необходимо, чтобы линия, на которой лежат центры кривизны изогнутого кристалла, была расположена на поверхности цилиндра, по которому обработан торец кристалла. Тогда касательные к кристаллографическим плоскостям на этой поверхности проходят через одну линию и, следовательно, частицы в плоскости отклонения собираются в линейный фокус за счет разности углов поворота.

В начале 1990-х годов совместно с сотрудниками ПИЯФ были получены первые экспериментальные результаты по фокусировки пучка протонов с энергией 70 ГэВ кристаллом кремния на синхротроне У-70 в Протвино [49]. Фокусирующий эффект достигался за счет разности углов поворота частиц в равномерно изогнутом кристалле со скошенным задним торцом. Однако использованное тогда устройство было затруднительно применить вблизи циркулирующего пучка ускорителя, так как изгиб кристалла выполнялся массивными цилиндрическими зеркалами.

Современные кристаллические устройства для фокусировки пучка со скошенным торцом достаточно совершенны, их удобно устанавливать в ускоритель, достигнуты фокусные расстояния порядка одного метра, могут собирать частицы ГэВ-ных и ТэВ-ных энергий, разлетающиеся с мишени в конусе несколько миллирадиан [50].

На данный момент все крупные ускорители (Large Hadron Collider LHC) и проекты будущих (FCC - Future circular collider, SPPC - Super proton proton Collider) предназначены для работы на встречных пучках. В рамках программы «физика за пределами коллайдеров», появились предложения исследований с фиксированной мишенью на LHC [51–53]. Для этой цели могут потребоваться кристаллические устройства, поскольку в этом диапазоне энергий кристаллооптика обеспечивает сравнимую эффективность с магнитной оптикой и при этом она намного компактней и дешевле. Традиционный способ вывода и формирования пучка вторичных частиц для ТэВ-ных энергий является дорогостоящим и требует больших площадей свободного пространства. На LHC нет таких площадей для размещения магнитной оптики в существующем туннеле. Кристаллооптика также является единственным способом организации выведенных пучков в будущих проектах ускорителей FCC - CERN и SPPC - Китай с энергиями до 100 ТэВ. Техническая сторона вопроса, где требуются конкретные схемы вывода и формирования пучков вторичных частиц, детально не проработана.

В этой области энергий управлять траекториями частиц с помощью электромагнитов для получения выведенных пучков становится сложно и очень затратно. Нами разработаны для этих целей высокоградиентные устройства на основе изогнутых кристаллов. Эти кристаллы могут работать как сверхсильные линзы с фокусным расстоянием менее 1 м, с эквивалентным магнитным полем 1000 Тесла.

Для исследования фокусировки пучка кристаллами была изготовлена серия кристаллических фокусирующих устройств на основе пластин трапецеидальной формы со скошенным задним торцом. Особенности конструкции (большая высота

кристалла) позволили существенно снизить фоновые условия, так как вещество металлического держателя не попадало в пучок, облучался лишь сам кристалл, имеющий длину лишь 6% от длины ядерного взаимодействия. По сравнению с прежними образцами кристаллических линз, эти устройства отличаются еще и более прецизионными методами обработки поверхности. Внешний вид созданного кристаллического устройства показан на рисунке 12а.

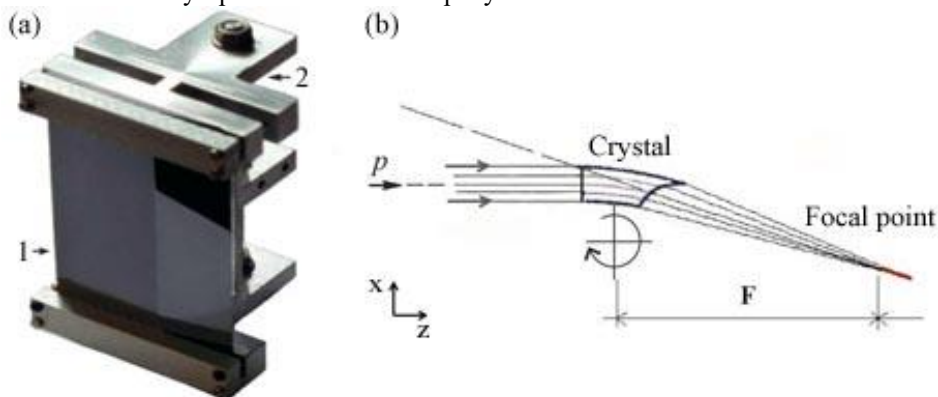


Рис. 12. а – Новое кристаллическое устройство для фокусировки пучка. 1 – изогнутая кремневая кристаллическая пластина со скошенным торцом, 2 – металлический держатель для изгиба пластины. б – из-за линейного среза торца кристалла частицы, захваченные в режим каналирования, имеют разные углы поворота (при разных поперечных координатах) и фокусируются на некотором расстоянии от кристалла.

Кремневая пластина трапециевидной формы (1), вырезанная вдоль кристаллографической плоскости (111), изгибается в продольном направлении с помощью металлического держателя (2). Благодаря анизотропным свойствам кристаллической решетки возникает поперечный изгиб кристалла с радиусом несколько метров (см. [15] с. 85), который и используется для фокусировки и последующего отклонения частиц. При достаточно большом угле отклонения, каналированные и неканалированные частицы пространственно разделены. Скошенная часть кристалла отклоняет частицы с различной поперечной координатой x в соответствии с линейной зависимостью между углом и координатой. Поэтому траектории частиц сходятся в некоторой фокальной точке (см. рисунок 12б).

Эксперимент по фокусировке таким устройством выполнен на протонном пучке ускорителя У-70 ИФВЭ с энергией 50 ГэВ, выведенном в зону установки Кристалл, расположенной в канале частиц 4а [50]. Схема установки приведена на рисунке 13а.

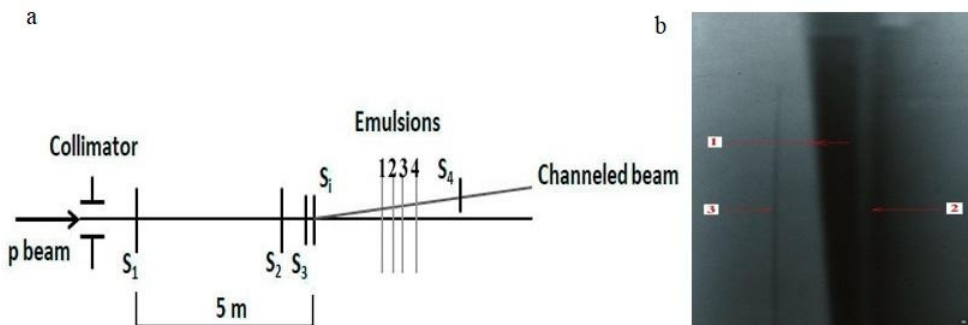


Рис. 13. а - Схема установки Кристалл. S_1, S_2, S_3, S_4 – сцинтилляционные счетчики, S_i – кристалл в гониометре, 1, 2, 3, 4 – эмульсионные пленки типа R-100. б - Изображение пучка частиц на эмульсии вблизи фокуса. 1 - граница коллиматора, 2 – тень от кристалла 3 - сфокусированный пучок

Пучок размером $\sigma_x \cong 2$ мм с малой угловой расходимостью $\sigma_\alpha \cong 0.1$ мрад наводился на кристалл, расположенный в гониометре. Размеры пластины кристалла равны $X \times Y \times Z = 2 \times 70 \times 20$ мм³, где Z менялось от 20 до 40 мм из-за скошенного торца пластины. Юстировка кристалла осуществлялась с помощью отражения лазерного луча от граней кристалла до меток, связанных с протонным пучком. Интенсивность прямого пучка протонов измерялась сцинтилляционными счетчиками S_1 & S_2 в режиме совпадений, а отклоненного кристаллом пучка счетчиками S_3 & S_4 . Счетчик S_3 был смонтирован около торца кристалла и мог перемещаться вместе с ним в гониометре благодаря оптоволоконному соединению с ФЭУ. Счетчик S_4 находился вне зоны основного пучка. При оптимальной ориентации кристалл отклонял порядка 3% частиц прямого пучка, что соответствует расчетам, так как критический угол каналирования составляет 0.03 мрад для частиц с энергией 50 ГэВ в плоскостном канале Si(111). Четыре слоя эмульсии располагались на различном расстоянии от кристалла. Рисунок 13b иллюстрирует эффект фокусировки пучка на расстоянии $l_F = 1,7$ м от кристалла.

С помощью протяженного свинцового коллиматора сформирована резкая граница падающего пучка частиц, которая хорошо видна в центре фото. Ориентированный кристалл помещен в интенсивную часть пучка, и его тень отражается справа в лучах падающего пучка как полоска с четкими границами. Отклоненный и сфокусированный кристаллом пучок виден слева в тени коллиматора как узкая вертикальная линия. Таким образом, наглядно показано, что горизонтальный пучок размером $\sigma_x \cong 2$ мм, сопоставимый по размеру с толщиной кристалла, отклоняется и сжимается в линию размером $\sigma_x \cong 0.1$ мм.

Более детальное исследование такого типа фокусирующего кристаллического устройства было проведено совместно с CERN на протонном пучке с импульсом 400 ГэВ/с в канале транспортировки заряженных частиц Н8 ускорителя SPS [54]. Схема экспериментальной установки UA9 Н8 представлена на рисунке 14.

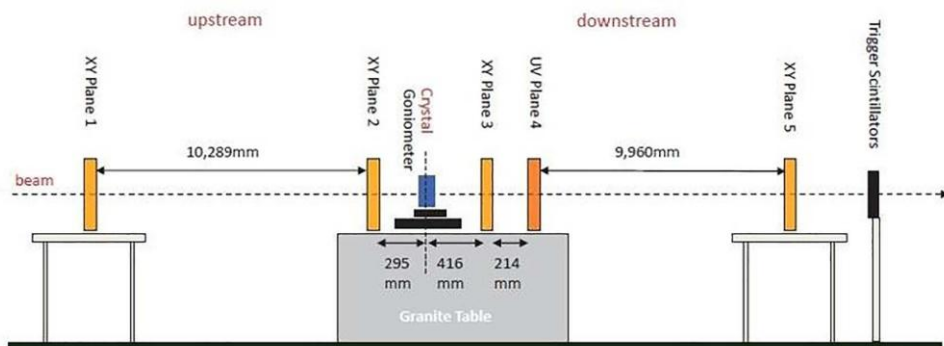


Рис. 14. Схематический вид экспериментальной установки UA9 H8. XY Plane 1 - XY Plane 5 - пять пар микростриповых кремневых детекторов. Изогнутый кристалл установлен на гониометре между микростриповыми детекторами 2 и 3.

Пять пар кремневых микростриповых детекторов использовались для измерения входящих и исходящих углов частиц с угловым разрешением в каждом плече около 3 мкрад [55]. Каждая пара микростриповых детекторов измеряет две координаты X и Y с шагом считывания 60 мкм в обоих направлениях, с активной площадью 3.8×3.8 см². В четвертой паре плоскости U и V повернуты относительно плоскостей X и Y на 45° градусов для разрешения неопределенности в нескольких исходящих треках в процессе реконструкции. Два независимых плеча примерно по 10 метров каждое (см. рисунок 14), позволяют проверить настройку трековой системы. Для этого измеряют разницу между входящими θ_{in} и исходящими θ_{out} углами треков, когда на пути пучка не установлен кристалл. Таким образом, при таких условиях ожидаются неотклоненные траектории, то есть $\theta_{in} = \theta_{out}$.

Геометрические параметры падающего пучка измерялись с помощью телескопа-детектора. Ширина пучка вдоль горизонтальной и вертикальной осей составляла несколько миллиметров. Угловая расходимость падающего пучка в горизонтальной и в вертикальной плоскостях для протонного пучка составляла около 10 мкрад. Среднее время цикла SPS во время измерений составляло около 45 с, а длительность импульса 10 - 11 с. Кристаллическая пластина имела размеры: 2 мм по ширине X, 70 мм по высоте Y, и длину вдоль пучка по координате Z от 30 до 50 мм, благодаря скошенному торцу.

На рисунке 15 приведены распределение горизонтального угла отклонения θ_x от поперечной горизонтальной координаты x и результаты реконструкции огибающей протонного пучка 400 ГэВ/с за кристаллом.

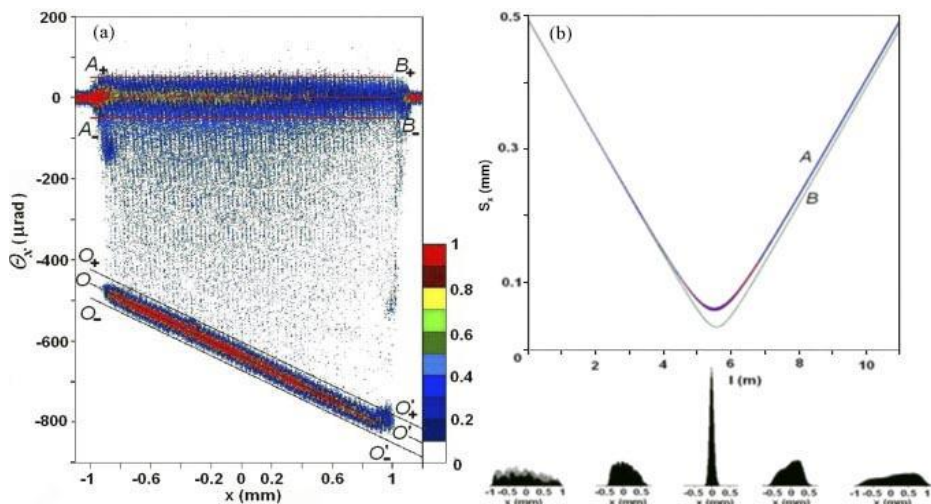


Рис. 15. Распределение горизонтального угла отклонения θ_x от поперечной горизонтальной координаты x (a) и результаты реконструкции огибающей протонного пучка 400 ГэВ/с (размер пучка в зависимости от расстояния) за кристаллом (b).

Область между линиями $A+B_+$ и $A.B.$ соответствует неканалированным частицам, которые проходят через кристалл после рассеяния. Из-за разности траекторий неканалированных частиц плотность частиц уменьшается слева направо вдоль линий $A+B_+$ за счет многократного кулоновского рассеяния. Линия OO' соответствует центру распределения каналированных частиц, прошедших вдоль полной длины кристалла. Частицы между $A.B.$ и $O_+O'_+$ соответствуют деканалированной части пучка.

Восстановленная огибающая пучка протонов 400 ГэВ/с показана на рисунке 15b. Полученные фокусные расстояния составляют 5,503 м и 5,509 м с учетом неопределенности измерений. Среднеквадратичный размер (RMS) фокальных точек составляет 0,060 мм и 0,0602 мм соответственно. Различные измеренные профили пучка показаны в нижней части рисунка 15b. В частности, здесь представлен исходный профиль пучка (со среднеквадратическим размером 0,492 мм). Это показывает, что размер сфокусированного пучка примерно в 8,2 раза меньше исходного (на выходе из кристаллического дефлектора).

3.2. Фокусировка из параллельного пучка в линейный фокус на короткое расстояние

В настоящее время в физике высоких энергий сформулированы перспективные задачи: измерения магнитных моментов короткоживущих частиц на LHC и будущего кольцевого коллайдера FCC с использованием прецессии спина в изогнутом кристалле [56–59], а также уменьшение размера пучка на линейном электронном коллайдере CLIC [60]. Для выполнения этих задач необходимо фокусировать пучки частиц на расстоянии порядка 1 см.

В этом случае трудно использовать кристалл со скошенным выходным торцом, поскольку для обеспечения такого короткого фокусного расстояния угол наклона должен быть очень небольшим, около 1° градуса, а при таких условиях вблизи острого угла кристалл будет ломаться из-за хрупкости кремния.

Для фокусировки на короткое расстояние применена новая идея, основанная на использовании изгиба обычной плоскопараллельной кремниевой пластины, в которой боковые грани повернуты относительно кристаллографических плоскостей на небольшой угол. Этот угол $Miscut \lambda = \frac{D}{L}$, где D – толщина пластины, L – длина

пластины вдоль направления пучка, так что кристаллографические плоскости совпадают с направлением диагонали пластины (см. рисунок 16а).

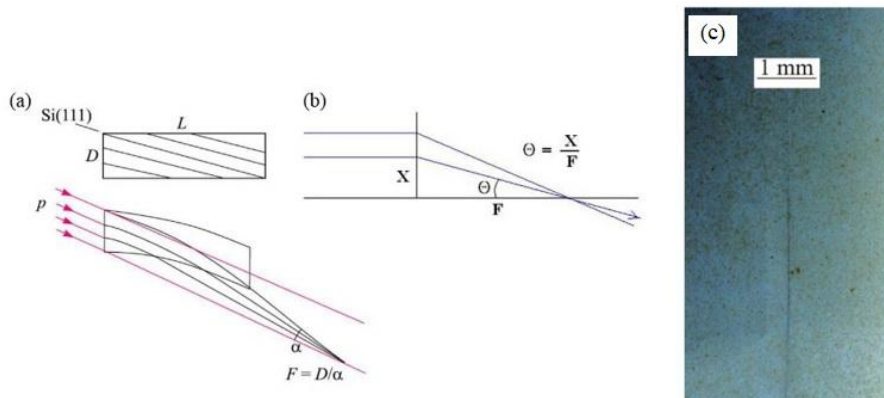


Рис. 16. а - Схема фокусировки пучка пластиной кремния, в которой кристаллографические плоскости совпадают с направлением диагонали в прямоугольном сечении, б - Принцип работы линзы в пучке. с - Увеличенное изображение на пленке в области фокусировки пучка.

Из геометрии рисунка видно, что при равномерном изгибе пластины на угол α частицы будут сфокусированы в одной точке с фокусным расстоянием $F = D/\alpha$. Как показано на рисунке 16б, принцип действия линзы заключается в том, что угол отклонения пучка пропорционален падающей поперечной координате. В нашем случае из-за наклона кристаллографических плоскостей относительно боковой поверхности кристалла, через которую частицы выходят, длина пути частиц в кристалле и, следовательно, угол поворота пропорциональны координате x на входе частиц в кристалл. Фокусное расстояние в один сантиметр может быть достигнуто при использовании пластины кремния толщиной 100 мкм и длиной 10 мм, изогнутой на угол 10 мрад.

Первое испытание такого кристаллического устройства было проведено в Протвино на пучке протонов с энергией 50 ГэВ [61]. Для фокусировки пучка использовалась кремневая пластина толщиной 500 мкм и длиной 10 мм. Пластину вырезали так, чтобы ее боковые поверхности были повернуты на угол 3° градуса относительно кристаллографических плоскостей (111). Пластина была равномерно изогнута на угол 3 мрад. Пучок интенсивностью $\sim 10^6$ протон/цикл выводился из ускорителя У-70 кристаллическим дефлектором КД27 в канал 4а. Расходимость пучка составляла $\sigma_x \sim 0.1$ мрад. С помощью коллиматоров формировался профиль пучка с резкими границами размером $S_x \times S_y = 20 \times 20 \text{ мм}^2$.

Схема экспериментальной установки такая же, как показано на рисунке 13а. Режим каналирования находился с помощью телескопа сцинтилляционных счетчиков. При оптимальной ориентации кристалл отклонял порядка 10% падающих частиц пучка, что соответствует расчетам, так как критический угол каналирования составляет 0.03 мрад для частиц с энергией 50 ГэВ в плоскостном канале (111) кремния.

Эффект фокусировки был зарегистрирован с помощью полимерной радиохромной дозиметрической пленки GAFCHROMIC EBT3 [62]. Активный компонент пленки состоит из кристаллов радиационно-чувствительного мономера субмикронного размера. Когда пленка подвергается воздействию ионизирующего излучения, начинается реакция полимеризации, что приводит к изменению ее оптической плотности, а глубина изменения пропорциональна поглощенной дозе (соответственно потоку прошедших частиц) в активном слое. Процесс полимеризации не передается от кристалла к кристаллу, и после облучения отсутствует процесс проявления,

который мог бы изменить размер или форму частиц. Следовательно, эта пленка имеет пространственное разрешение в микронах, которое ограничено только оборудованием, используемым во время работы. Пленку сканировали на планшетном сканере EPSON EXPRESSION 10000 XL в пропускающем режиме, без цветокоррекции, с разрешением 2400 точек на дюйм. Абсолютную калибровку пленки проводили однократно с использованием сцинтилляционных счетчиков в режиме накопления статистики за несколько сотен циклов ускорителя. Измеренный размер пучка в фокусе (расстояние от кристалла 17 см) равен 30 мкм на полувысоте. При идеальных условиях размер пучка в фокусе определяется величиной $F \times \theta_L \sim 10$ мкм. Измерить точно такую малую величину данным методом трудно, поскольку разрешение сканера находится на уровне 10 мкм. Поэтому наш измеренный профиль дает завышенную оценку реального размера сфокусированного пучка. Таким образом, на пучке протонов 50 ГэВ в ИФВЭ Протвино впервые экспериментально проверена фокусировка пучка высокой энергии кристаллическим устройством на короткое расстояние порядка 10 см.

Подобное фокусирующее кристаллическое устройство было испытано на пучке положительных пионов с импульсом 180 ГэВ/с на экспериментальной установке UA9, расположенной на канале частиц пучка H8 на ускорителе SPS CERN [63]. Пластины толщиной 500 мкм и длиной 10 мм, боковые поверхности которой повернуты на угол 3° градуса относительно кристаллографических плоскостей (111) равномерно изогнули на угол 3.5 мрад. Ожидаемое фокусное расстояние составляло около 15 см.

Схема экспериментальной установки такая же, как показано на рисунке 14. Временная структура проходящего пучка состояла из плоской вершины продолжительностью около 10 секунд, когда присутствовали частицы пучка, а затем около 35 секунд без пучка. Измеренная угловая расходимость, как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях, падающего пучка составляла около 30 мкрад (RMS). Гониометр высокой точности допускал ориентацию фокусирующего кристалла в обеих ортогональных плоскостях с точностью до 2 мкрад. На первом этапе нашего исследования было проведено сканирование горизонтальных углов ориентации φ_x кристалла и найдено положение каналирования. После этого был проведен набор данных статистики.

На рисунке 8 показаны распределение интенсивности пучка за кристаллом в зависимости от углов отклонения частиц θ_x и результаты реконструкции огибающей пучка положительных пионов с импульсом 180 ГэВ/с за кристаллом.

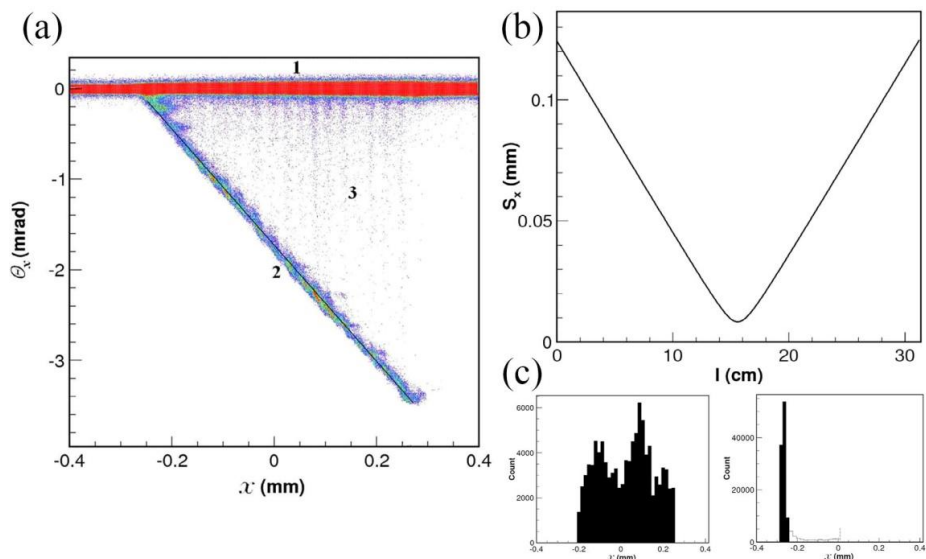


Рис. 17. Распределение интенсивности пучка за кристаллом в зависимости от углов отклонения частиц θ_x (a), восстановленная огибающей пучка положительных пионов с импульсом 180 ГэВ/с за кристаллом (b) и профили пучка вблизи кристалла ($l = 0$ см) и в фокальной точке ($L_f = 15,5$ см) (c). Область 1 соответствует неканализованным частицам, область 2 - канализованным частицам (около 10% от интенсивности падающего пучка), область 3 - деканализованным частицам (18% по сравнению с полностью отклоненными частицами). Черная прямая линия - центр распределения канализованных частиц, прошедших вдоль полной длины кристалла (a). Среднеквадратичное значение (RMS) размера пучка в фокусе составляет около 8 мкм и около 125 мкм вблизи кристалла (c).

Таким образом, для данного кристалла с коротким фокусным расстоянием порядка 15 см соблюдается принцип линзы, то есть имеется линейная зависимость угла отклонения частицы от ее поперечной координаты в линзе (см. рисунок 8a), а коэффициент сжатия пучка составляет примерно 15. Следует отметить, что размер пучка при идеальных условиях фокусировки определяется угловой расходимостью частиц в пределе угла Линдхарда, и для нашего случая он равен $F \times \theta_L \sim 3$ мкм. Уширение измеренного профиля можно объяснить абберациями в кристалле и конечным пространственным разрешением микростриповых детекторов (которые находятся на уровне нескольких мкм).

Данное фокусное расстояние не является пределом для этого типа кристаллов. Учитывая, что угол изгиба пластины α может быть представлен как $\alpha = L/R_{bend}$, где R_{bend} - радиус изгиба пластины, который можно взять равным трем критическим радиусам канализования $3R_c$ (см. [15]). Тогда для фокусного расстояния получаем выражение: $F = 3 \frac{D}{L} R_c$. Из этого выражения следует, что, применяя более тонкую пластинку около 100 мкм, можно получить фокусное расстояние порядка 1 см в широком диапазоне энергий. Например, для пластины размерами $D = 100$ мкм, $L = 20$ мм, $R_{bend} = 3 \times 2$ м, можно получить фокусное расстояние $F = 3$ см для 1 ТэВ-ных частиц.

Такое устройство позволяет реализовать упомянутые предложения [56 – 60] более оптимально, как это рассмотрено в [64]. В частности, можно уменьшить размер сталкивающихся пучков до наномасштаба на линейных электрон-позитронных коллайдерах типа CLIC и ILC (рис. 18a).

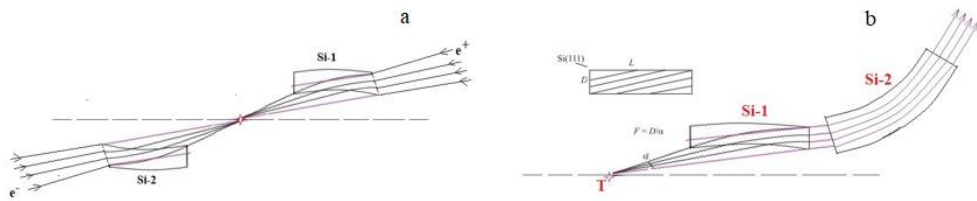


Рис. 18. а- Применение двух кристаллических устройств для организации конечного фокуса на CLIC. б- использование короткофокусного кристалла для измерения магнитного момента Λ_c гиперона на БАК путем вращения спина, Т-нитевидная внутренняя мишень на циркулирующем пучке, Si-1 короткофокусный кристалл, Si-2 «обычный» изогнутый кристалл.

В этой схеме кристаллы встраиваются в существующую магнитную оптику, фокусируя пучок размером несколько десятков микрон до нано масштаба. Предварительные оценки показывают, что размер пучка в фокусе кристаллов x_F можно ужать в несколько десятков раз, а следовательно, получить выигрыш в светимости в тысячу раз ($Lum \sim \frac{1}{x_F^2}$). Разумеется, эту схему можно реализовать только при ограниченной интенсивности пучка. Следует отметить, конечный фокус на кристаллах можно применить и в кольцевых коллайдерах с умеренной интенсивностью циркулирующего пучка, например, на будущих мюонных коллайдерах.

Также с помощью короткофокусного кристаллического устройства можно оптимизировать планируемый на БАК опыт [56–59] по измерению магнитных моментов короткоживущих частиц с помощью поворота спина в изогнутом кристалле (рис. 18b). Здесь представлена двух-кристалльная схема из короткофокусного и «обычного» отклоняющего кристалла. Эта схема, в отличие от принятого на установке LHCb предложения с одним «обычным» кристаллом для поворота спина, увеличивает выход отклоненных гиперонов на два порядка за счет фокусирующего эффекта (отношение угла конуса рождения гиперонов, порядка 1 мрад, к критическому углу каналирования, около 10 мкрад). Это может стать решающим фактором успешности выполнения эксперимента.

Очевидно, что в будущем круг возможных применений короткофокусного кристаллического устройства на ускорителях значительно расширится, поскольку простое устройство на редкость удачно работает.

3.3. Фокусировка из точечного источника в параллельный пучок

Ранее была подробно рассмотрена фокусировка слабодивергирующего положительного пучка высокой энергии в линейный фокус. Противоположный случай отклонения узкого пучка с высокой расходимостью в параллельный пучок важен для новых способов получения вторичных пучков на LHC или других ускорителях высокой энергии, рассмотренных в следующем разделе.

Для испытаний был выбран аналогичный кристалл со скошенным торцом, что и для фокусировки параллельного пучка к точечному источнику (см. рисунок 12а), только повернутый в держателе на 180° относительно нормали к плоскости изгиба. Кристаллическая кремниевая пластина (111) с трапецевидным поперечным сечением имела ширину 2 мм по X, высоту 70 мм по Y, и длину от 20 до 40 мм вдоль пучка по координате Z, за счет скошенного переднего торца. При этом радиус поперечный изгиба кристалла составлял 6,8 м, фокусное расстояние 1,7 м, а средний угол поворота частиц 1,8 мрад [65].

Эксперимент был проведен в Протвино на пучке протонов 50 ГэВ на канале 4а ускорителя У-70. Схема эксперимента показана на рисунке 19а. Пучок протонов умеренной интенсивности порядка 10^5 частиц/с выводился из ускорителя У-70 кристаллическим дефлектором. С помощью коллиматоров формировался профиль

пучка с резкими границами $S_x \times S_y = 8 \times 10 \text{ мм}^2$ и расходимостью $\sigma_x = 0,2$ мрад. Для создания точечного источника расходящегося пучка протонов была установлена активная мишень в виде тонкой пластины (толщиной 150 мкм) из тяжелого сцинтиллятора CsI . На мишень попадала лишь малая доля пучка интенсивностью 2×10^3 частиц/с. Пучок протонов был распушен до необходимой величины угловой расходимости $\sigma_x = 0,36$ мрад (или $FWHM = 0,92$ мрад). Полученный таким образом расходящийся из точечного источника пучок направлялся на фокусирующую кромку кристалла, который вращался в гониометре. Эффект фокусировки и последующего отклонения расходящегося пучка фиксировался сцинтилляционным годоскопом (с шагом 1,2 мм), включенным на совпадения со сцинтиллятором тонкой мишени, помеченная маркером 2 на рисунке 19а), точки и красная линия – эксперимент, черная линия – расчет.

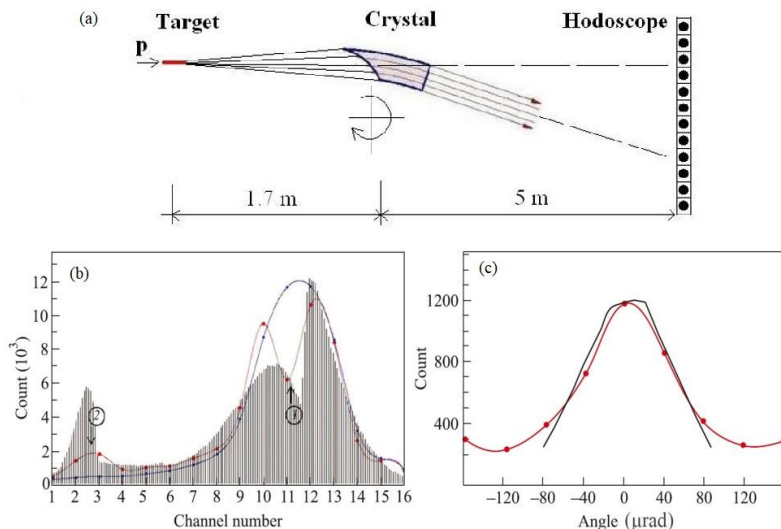


Рис. 19. а – Схема эксперимента по обратной фокусировке на протонном пучке 50 ГэВ, (б) – Профили пучка для ориентированного и разориентированного кристалла, точки и линии – эксперимент, гистограмма – расчет для ориентированного кристалла. (с - Ориентационная зависимость количества отклоненных кристаллом частиц (величина пика).

На рисунке 19b представлены результаты испытаний. Красные точки и красная линия показывают профиль пучка, прошедшего через ориентированный кристалл, синие точки и синяя линия – профиль пучка для разориентированного кристалла. На рисунке 19с точками и красной линией показана зависимость количества отклоненных на полный угол частиц от угла поворота кристалла в гониометре.

Около $35 \pm 5 \%$ частиц, падающих на фокусирующую кромку кристалла, захватывались в режим каналирования (эта зона показана на рисунке 1.9а маркером 1), и около $14 \pm 3 \%$ частиц отклонялись затем на полный угол 1,8 мрад, соответствующий изгибу кристалла (эта зона показана на рисунке 19а маркером 2). Ширина ориентационной кривой $FWHM = 105$ мкрад. Эта узкая величина углового интервала, когда виден отклоненный пучок, соответствует геометрическим параметрам измерений, когда вращающийся кристалл «смотрит» на мишень. Полученные экспериментальные данные согласуются с результатами компьютерного моделирования опыта, выполненного методом Монте-Карло с применением алгоритма [66]. В этом методе учитываются геометрия расположения мишени и кристалла, захват частиц в режим каналирования и деканалирование внутри кристалла. Согласно расчетам, в режиме каналирования захватывается 43% частиц, и 16% отклоняется на полный угол.

Более детальное исследование подобного фокусирующего кристаллического устройства было выполнено совместно с CERN на пучке положительных пионов с импульсом 180 ГэВ/с на экспериментальной установке UA9, расположенной в канале транспортировки заряженных частиц Н8 ускорителя SPS [67]. Экспериментальная установка была такая же, как описана ранее на рис.14.

Установка UA9 позволяет отслеживать треки частиц, вылетающие из точечного источника, выбирая нужные события с помощью налагаемых ограничений каттинга (см. рисунок 20b). Для увеличения расходимости пучка была установлена тонкая свинцовая мишень (длиной около 2 мм) вблизи первой трековой станции. Кристалл со скошенным торцом на входе имел фокусное расстояние 12,5 м. Такого же типа кристалл, только в перевернутой позиции, использовался для фокусировки параллельного пучка в точечный источник в работе [54], радиус изгиба R в горизонтальной плоскости составляет 160 м, а средний угол изгиба составляет 0,25 мрад.

С помощью вращения кристалла в гониометре было сделано сканирование горизонтальных углов ориентации ϕ_x кристалла и найдено положение каналирования. После этого был проведен набор данных. Большие статистические данные были получены, когда кристалл в оптимальном положении был равномерно засвечен. На рисунке 20а показана зависимость горизонтального угла отклонения частиц в кристалле θ_x от поперечной координаты x . Наблюдается строгая линейная зависимость угла отклонения выходящих частиц от координаты, что свидетельствует о качестве изготовления фокусирующего устройства. Линия OO' центра распределения каналированных частиц была найдена с помощью аппроксимации области синих точек линейной функцией, где значения параметров составили $p_1 = -68,2 \pm 0,05$ мкрад, $p_0 = -220,3 \pm 0,03$ мкрад.

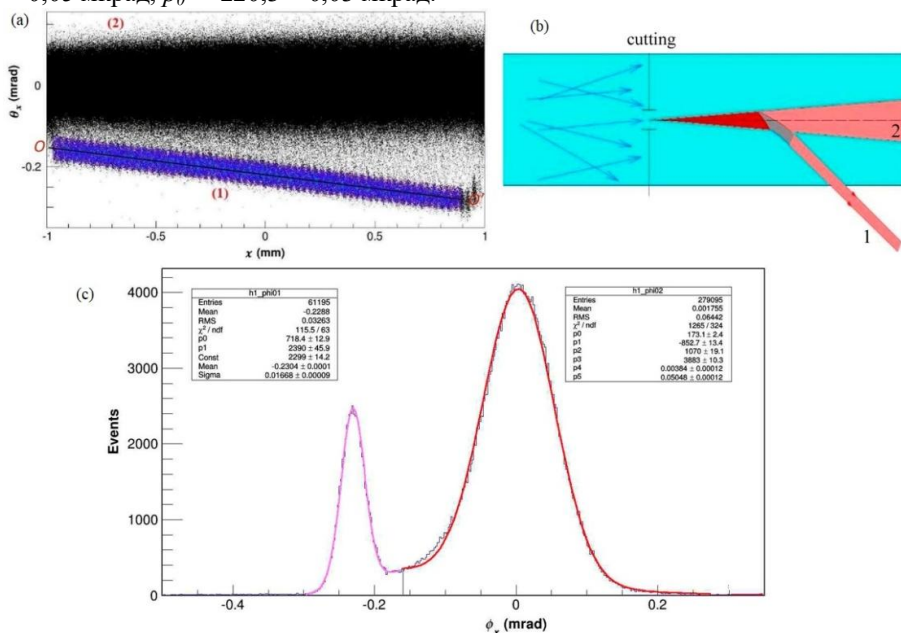


Рис. 20. а - Распределение горизонтального угла отклонения частиц θ_x от поперечной координаты x в позиции каналирования. Область синих точек (1) соответствует полностью отклоненным каналированным частицам. Область черных точек (2) состоит из неканалированных и деканалированных частиц. Линия OO' соответствует центру распределения каналированных частиц, которые проходят вдоль полной длины кристалла, б- Схематическое изображение отбора событий с помощью каттинга, в- Распределение частиц по углам ϕ_x за кристаллом. Часть пучка, сфокусированного и отклоненного кристаллом, показана слева.

Чтобы восстановить треки в обратном направлении, область частиц, отклоненных кристаллом, была помечена (см. синие точки на рисунке 20а). Восстановление показало, что все частицы прилетели из виртуального фокуса, который совпадает с фокусным расстоянием кристалла, равным 12,5 м. Среднеквадратичный размер пучка в фокальной точке равен $s_x = 0,2$ мм. Полный размер пучка в этой точке равен 3 мм. То есть, кристалл обладает свойством селективной фокусировки. Из всех треков он отклонил только порцию частиц, вылетающих из узкой полоски. Следует отметить, что размер 0,2 мм соответствует естественному пределу на размер мишени [66]: $\sigma_x = \theta_L \times F = 0,015 \times 12,5 = 0,19$ мм

Для определения эффективности отклонения расходящегося пучка кристаллом был наложен каттинг на координату x ($-0,2 \text{ мм} < x < 0,2 \text{ мм}$) в плоскости фокуса и отслежены все треки, выходящие из этой полоски в переднем направлении (см. рисунок 20b). На рисунке 20с показано распределение частиц в x - плоскости по углам φ_x за кристаллом. Доля отклоненных кристаллом частиц на полный угол, расположена слева и равна 22%.

Таким образом, продемонстрировано, что фокусирующий кристалл отклонил расходящийся пучок с $\sigma_{beam} = 50$ мкрад $\sim 4\theta_L$ с эффективностью 22%. Это примерно та же эффективность, с которой такого же типа кристалл в перевернутом положении с прямоугольным торцом на входе отклонял параллельный пучок с расходимостью около угла Линдхарда [54].

Эффективность отклонения пучка с расходимостью порядка угла Линдхарда можно оценить по соотношению: $Eff = 0,75 \times 0,75 \times 0,86 \times e^{-40/87} = 0,29$ (см. [15]),

где первый множитель 0.75 означает поверхностный акцептанс, второй – коэффициент потерь в узкой плоскости (111), третий – учитывает надэкспоненциальное поглощение частиц в начале кристалла (см. рисунок 4 в работе [68]), а экспоненциальный коэффициент описывает потерю частиц из-за деканалирования в кристалле со средней длиной 40 мм и длиной деканалирования 87 мм. Эта длина деканалирования была оценена с большой точностью на основе результатов недавних измерений для пионов с импульсом 180 ГэВ/с и плоскости (110) в работе [68]. Согласно [15] длина деканалирования в плоскости (111) - $L_d(111)$ связана с длиной деканалирования в плоскости (110) - $L_d(110)$ соотношением $L_d(111) = L_d(110) \times d(111)/d(110)$, где $d(111)$ и $d(110)$ – межплоскостные расстояния в этих плоскостях и $L_d(110) = 71$ мм, $d(111) = 2,35 \text{ Å}$, $d(110) = 1,92 \text{ Å}$.

Таким образом, скошенный торец на входе пучка в кристалл, то есть технология фокусировки кристалла, не вносит существенных дополнительных потерь в эффективность отклонения пучка кристаллом.

Глава 4. Схемы получения выведенных пучков вторичных частиц на кристаллических элементах

Сейчас крупные ускорители (Большой адронный коллайдер БАК) и проекты будущих (Future circular collider FCC) предназначены для работы в режиме коллайдера, на встречных пучках. Недавно, в рамках программы «физика за пределами коллайдеров», появились предложения исследований с фиксированной мишенью на БАК (см [51 –53] и ссылки). Однако, техническая сторона вопроса, где требуются конкретные схемы получения выведенных пучков частиц, подробно не проработана. Традиционный путь для получения выведенных пучков частиц, реализованный на современных крупных ускорителях протонов ГэВных энергий (СПС в ЦЕРН, У70 в ИФВЭ и др.) предполагает медленный вывод протонного пучка, рождение вторичных частиц на мишени, их фокусировка и транспорт в протяженных магнитооптических каналах [69, 70]. Для ТэВных энергий такой способ получения вторичных частиц становится слишком затратным и требует больших площадей свободного пространства.

Если энергия ускоренного пучка протонов $E \geq 1$ ТэВ, как на больших коллайдерах (класса БАК и выше), то энергия вторичных частиц смещается за сотни ГэВ. Разлет

таких частиц с мишени в лабораторной системе отчета $\theta[\text{мрад}] = 400/P[\text{ГэВ}/c]$ становится менее или порядка 1 мрад. Это обстоятельство позволяет осуществить удивительно простой способ получения пучков частиц, основанный на применении кристаллического фокусирующего устройства, рассмотренного в предыдущем разделе.

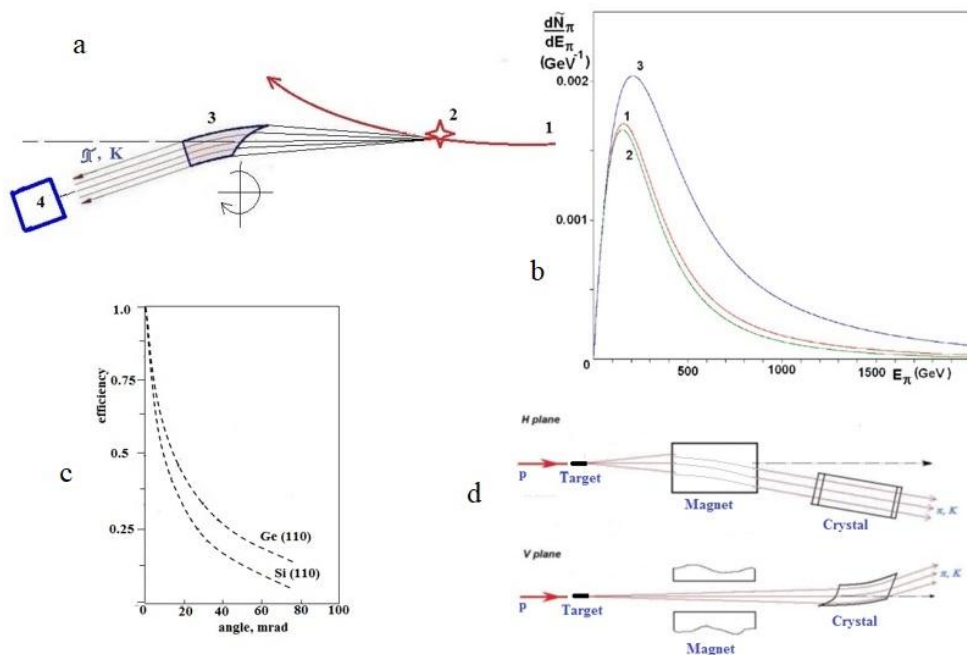


Рис. 21. а- Схема получения пучка вторичных частиц: 1- циркулирующий протонный пучок, 2- внутренняя мишень, 3 – кристаллический фокусирующий элемент, 4- зона физической установки. б- Нормированные спектры рождения π -мезонов в мишени на одно ядерное взаимодействие в створе углов, которые перекрывает кристалл. в- Эффективность поворота пучка протонов, захваченного в режим каналирования, от угла изгиба кремниевого и германиевого кристаллов. д- Схема формирования вторичного пучка с узким импульсным интервалом.

Предлагается схема [71], показанная на рис.21а. Вторичные частицы, π и K мезоны, генерируются на миниатюрной внутренней мишени, установленной в кольцо крупного протонного ускорителя с энергией порядка 1 ТэВ и больше (это могут быть БАК, FCC). Мишенью может быть струйная мишень на основе газа. В нескольких метрах (не более 10 м), располагается кристаллическое устройство. Кристаллическое устройство не только фокусирует, но и отклоняет пучок частиц, причем, на выходе получается параллельный, в пределах угла Линдхарда, пучок. Заметим, угол Линдхарда в мультиГэВной области энергий около 10 микрорад. Для вывода пучка за пределы кольцевого ускорителя, чтобы не задеть магниты, достаточно угла поворота в кристалле менее одного градуса. В предыдущей главе показано, что в таких условиях кристаллы могут формировать сфокусированные пучки пионов и каонов с высокой эффективностью. На рис. 21b показаны результаты расчета спектра пионов, рожденных на мишени, попадающих на фокусирующую кромку кристалла, с применением формулы Маленсека [72]. Три разные кривые учитывают геометрический фактор, учитывающий место расположения кристалла относительно орбиты циркулирующего пучка. Кривая 1 показана для случая, когда кристалл расположен под углом к мишени на 0.1 мрад. Кривая 2 отражает случай, когда кристалл отстоит на угол 0.2 мрад, чтобы не задевать циркулирующий пучок. Кривая 3 – это случай для нулевого угла вылета частиц. Горизонтальный и вертикальный

захват фокусирующего кристалла полагался равным 2 мрад, что достижимо в рамках существующих технологий. Эффективность поворота в кристалле учитывалась по [14]. В зависимости от угла поворота частиц в кристалле, эффективность отклонения будет падать согласно кривой на рис. 21с. Угол отклонения частиц в кристалле в конечном счете будет определяться геометрией расположения физической установки на ускорителе. Минимальный угол порядка долей градуса необходим, чтобы вывести сформированный пучок за пределы вакуумной камеры, не задев магниты ускорителя. В этом случае интенсивности выведенных частиц будут близки показанным на рис. 21с. Для угла поворота около четырех градусов, удобного для компактного расположения установки, интенсивности упадут в 20 раз для кремниевого кристалла и в 10 раз для германиевого кристалла. Поскольку выведенный пучок обладает малой угловой расходимостью, довольно легко организовать анализ выведенных частиц по импульсу, используя горизонтальный магнит. Для организации пучка частиц с узким импульсным интервалом, как в магнитооптическом канале, можно применить схему вывода, где между мишенью и кристаллом расположен магнит, отклоняющий частицы в ортогональной плоскости, по отношению к отклонению в кристалле. Особенности формирования пучка с узким импульсным интервалом поясняются на рис. 21d. Ширина импульсного интервала будет равна отношению поперечного размера кристалла к линейной дисперсии, создаваемой магнитом. Заметим также, что в качестве магнита можно использовать один из штатных диполей ускорителя, расположив перед ним мишень.

Важным вопросом применяемых схем с внутренней мишенью является возможный режим работы ускорителя. Если рассматривается паразитный режим работы внутренней мишени, совмещенный с работой коллайдера, интенсивность ядерных взаимодействий в мишени не должна превышать величину потерь на штатных коллиматорах, которая составляет величину не больше 10^8 частиц в секунду [73]. Для получения более интенсивных пучков, например, для формирования нейтринных и мюонных пучков, должна быть предусмотрена автономная работа в качестве основного потребителя. Следует отметить, при высоких энергиях БАК короткие внутренние мишени работают с эффективностью, которая приближается к единице, поскольку рассеяние частиц на стенки вакуумной камеры при многооборотном движении отсутствует. Угол многократного рассеяния до момента

ядерного взаимодействия в мишени $\Theta[\text{мрад}] = 14/P[\frac{\text{ГэВ}}{c}] \sqrt{\frac{L_{\text{nucl}}}{L_{\text{rad}}}}$, где L_{nucl} - ядерная

длина, L_{rad} - радиационная длина, равен всего 3 мкрад. Следует отметить, в ИФВЭ имеется значительный экспериментальный опыт работы с короткими внутренними мишенями [74,75]. Твердотельные бериллиевые мишени могут выдерживать нагрузки 10^{11} протонов в секунду. Несомненно, струйные мишени могут выдержать на один-два порядка больше интенсивности пучка. При достаточно тонкой мишени (толщина мишени может регулироваться давлением газовой струи) порядка 1 мг/см², время вывода полной интенсивности пучка 10^{13} будет составлять 10 секунд (с учетом времени одного оборота 0.1 мс при 30 километровой длине тоннеля БАК). Заметим, что выделяемая мощность в тонкой мишени даже при такой интенсивности циркулирующего пучка составит всего 30 Вт, что не выглядит фантастично. Основная техническая проблема будет защита оборудования после мишени, однако в ЦЕРН имеется опыт организации коллиматоров для большой интенсивности пучка [76].

4.1 Канал положительно заряженных частиц на кристаллическом элементе в У-70

С использованием описанного выше метода на ускорителе У-70 построен тестовый канал положительных пионов нового типа, который не потребляет электрической энергии [77]. Перед кольцевым магнитом открытого типа установлена внутренняя мишень (Рис. 22а). Положительно заряженные пионы выталкиваются горизонтальным магнитом во внутреннюю часть кольцевого зала ускорителя,

фокусируются и отклоняются по вертикали фокусирующим кристаллом в зону физической установки. Кристалл действует на пучок локально, не имеет обратных полей, как у магнитов, поэтому на короткой базе обеспечивает очистку от нежелательных фоновых частиц, что делает возможным вывод пучка из кольцевого зала через небольшое отверстие в защите.

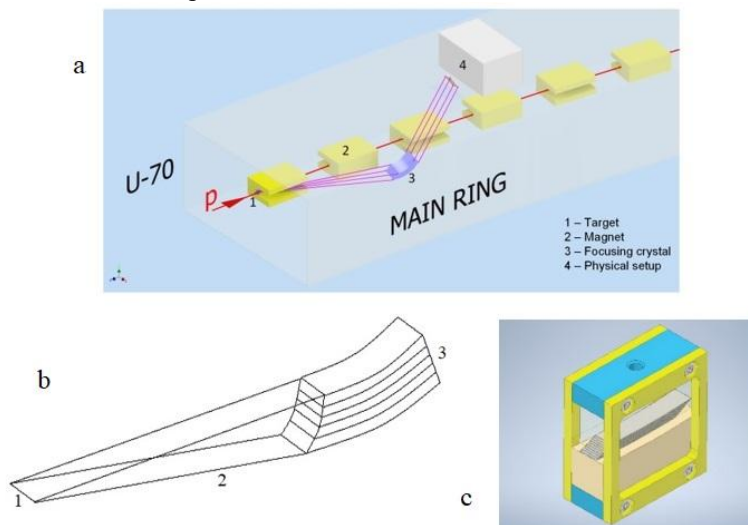


Рис. 22. а- Схема формирования пучка вторичных положительно заряженных пионов с помощью внутренней мишени и фокусирующего кристалла. б- Схема фокусирующего кристаллического устройства на основе массива изогнутых кристаллов: 1 – мишень, 2 – траектории частиц, 3 – массив кристаллов, с- конструкция устройства.

Ключевым моментом для реализации такого канала является создание фокусирующего кристалла, который должен иметь большой угол изгиба, порядка 100 мрад (чтобы вывести пучок за защиту на короткой базе), и ощутимый поперечный размер. Для этого предложена новая схема кристалла, показанная на Рис. 22б,с. Применяется массив кристаллов вместо одного. Это и позволяет решить сразу две задачи – увеличить угол изгиба за счет применения тонких пластин, и увеличить количество отклоненных частиц за счет большего размера, образованного массивом кристаллов. В реальном устройстве использовались 7 кристаллических пластин толщиной 0.4 мм. Такое кристаллическое устройство имеет угловой захват около 1 мрад по вертикали и 3 мрад по горизонтали.

Ширина импульсного интервала равна отношению поперечного размера кристалла к линейной дисперсии, создаваемой магнитом, как обычно в магнитной оптике [70]: $\frac{\Delta p_0}{p_0} [\%] = \frac{H_{cryst}}{\frac{\alpha_{bend} \times D}{100}}$, где H_{cryst} это размер кристалла по горизонтали, α_{bend} угол поворота пионов, D расстояние между магнитом и кристаллом. В нашем случае достигнутый параметр $\frac{\Delta p_0}{p_0} = 4\%$. При применении нитевидной внутренней мишени, на которую наводится 10^{12} протонов в цикле, интенсивность пучка вторичных пионов составила $\sim 10^5$ частиц за цикл. Это соответствует ожиданиям, с учетом потерь частиц в сильно изогнутом кристалле. Заметим, низкая интенсивность пучка связана с относительно невысокой энергией протонного пучка 50 ГэВ в У-70. На будущих ускорителях Тэвного класса, где вторичные частицы имеют узкий конус разлета, эффективность кристаллической системы резко вырастет.

4.2. Применение фокусирующих кристаллов для формирования пучков нейтрино на современных ускорителях

В рамках коллаборации UA9 показано [78–80], что в режиме каналирования резко уменьшается кулоновское рассеяние (в 8 раз). На рис. 2аb (результаты UA9) показаны зависимости среднеквадратичного угла рассеяния частиц от расстояния прохождения в кристалле для каналированной и неканалированной фракций пучка, поясняющие этот эффект.

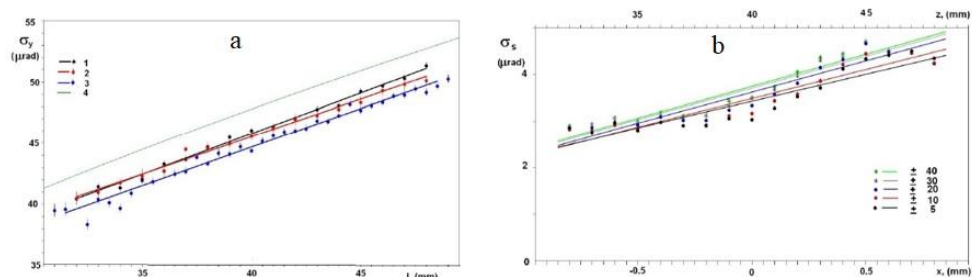


Рис. 23. а - Измеренное значение среднеквадратичного угла положительно заряженных частиц, движущихся за пределами области каналирования. Кривая 1 соответствует частицам с импульсом 400 ГэВ/с (кристалл 1). В этом случае для удобства сравнения результаты измерений были умножены на коэффициент 400/180. Кривые 2 и 3 соответствуют импульсу, равному 180 ГэВ/с и кристаллам 3 и 4, соответственно. Кривая 4 представляет собой расчет.

б - Зависимость среднеквадратичного угла рассеяния протонов 400 ГэВ/с, прошедших кристалл в режиме каналирования, с разными начальными углами (показано на рисунке в мкрад), от толщины кристалла.

Столь слабое кулоновское рассеяние в режиме каналирования означает, что вертикально и горизонтально фокусирующие кристаллы, расположенные последовательно, не будут мешать друг другу. Это позволяет создавать системы формирования пучка из нескольких последовательно расположенных кристаллов, например, создавать аксиально симметричные пучки пионов и каонов для генерации нейтрино по новой схеме.

На канале 4а У-70 проведен эксперимент [81] по проверке кристаллооптической системы, составленной из этих кристаллов, а именно, двух-кристальная схема, позволяющая получить аксиально-симметричный пучок для генерации нейтрино (рис.24).

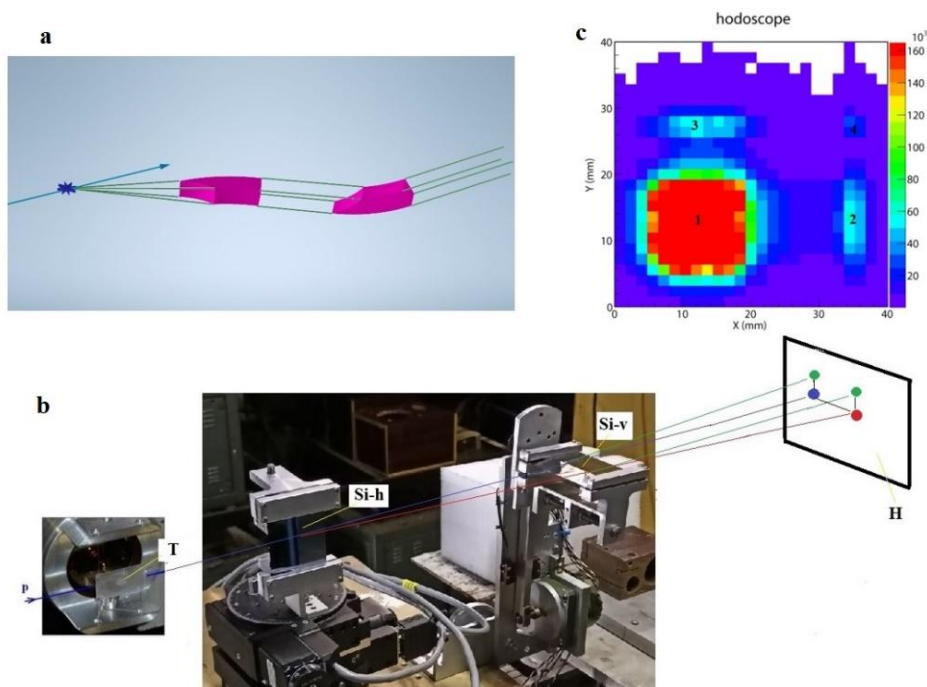


Рис. 24. а- Двух-кристальная оптическая схема для формирования аксиально-симметричного пучка, б- Конфигурация установки КРИСТАЛЛ с активной мишенью и двумя фокусирующими кристаллами: Т – активная мишень, Si-h – горизонтально фокусирующий кристалл в гониометре, Si-v – вертикально фокусирующий кристалл в гониометре, Н – сцинтилляционный годоскоп, с- двумерное изображение профилей пучка: 1- неотклоненный пучок протонов 50 ГэВ, 2 – отклоненный по горизонтали пучок первым кристаллом за счет каналирования, 3 – отклоненный по вертикали пучок вторым кристаллом, но не захваченный первым кристаллом в каналирование, 4 – аксиально симметричный пучок с малой расходимостью (угол Линдхарда, 30 мкрад), прошедший через два кристалла в режиме каналирования.

Для реализации схемы формирования пучка двумя последовательно расположенными фокусирующими кристаллами на У-70 было изготовлено 2 экземпляра кристаллических устройств с фокусным расстоянием 1.7 м и 2 м на основе пластин трапецидальной формы со скошенным торцом. Относительно невысокая эффективность двойного каналирования (около 1.4 %) объясняется сравнительно низкой энергией протонов 50 ГэВ, где длина деканалирования составляет ~ 2 см. Эффективность кристаллической системы резко возрастает для Тэвнских энергий, где длина деканалирования свыше 50 см (согласно измеренным величинам [68]).

Применение такой схемы с внутренней мишенью и двумя кристаллами позволит реализовать на крупных ускорителях новый метод формирования пучков нейтрино, который отличается существенной простотой, по сравнению с применяемыми схемами сейчас, которые требуют вывода протонного пучка, его взаимодействия с внешней мишенью и фокусировку пионов и каонов, родителей нейтрино, специальными высокоточными электромагнитными устройствами – горнами [71]. Такая громоздкая схема позволяет получить пучок нейтрино только в одном заданном направлении, в то время как кристаллы легко могут быть установлены в произвольных точках ускорителя для зондирования Земли с помощью высокоэнергетических нейтрино (рис.25а).

Количественная информация о спектрах и потоках нейтрино подробно представлена ранее в работе [82]. С помощью аналитического подхода и метода Монте Карло рассчитаны спектры нейтрино от распада пионов, сформированных

фокусирующими кристаллами, в тоннеле длиной 5 км и 25 км. Результаты расчетов для FCC представлены на рисунке 25b.

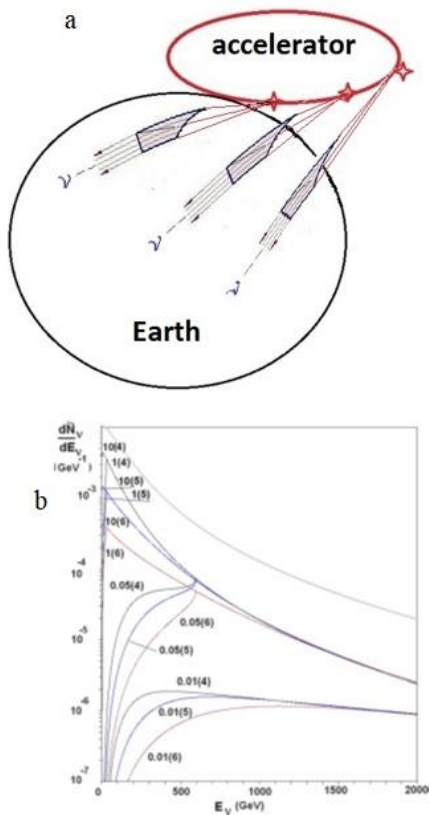


Рис. 25. а - Иллюстрация зондирования Земли пучком нейтрино от кристаллов. В этой схеме пучки пионов и каонов генерируются на внутренних струйных газовых мишенях, отклоняются и фокусируются кристаллами, далее образуют нейтрино в распадных тоннелях. б - Рассчитанные нормированные распределения пучков нейтрино по энергии [82]. Серая кривая соответствует распадному тоннелю 25 км, остальные – 5 км длиной. Цифры над кривыми обозначают угловой конус в миллирадианах, в пределах которого нейтрино распространяются.

4.3. Кристаллический мюонный коллайдер

Идея мюонного коллайдера разрабатывалась с 70-х годов [83]. В настоящее время рассматриваются проекты коллайдеров мюонов с разными энергиями, начиная от 120 ГэВ [84], для изучения бозона Хиггса, до Тэвнских энергий в пучке [85, 86] в качестве альтернативы проектам электронных линейных коллайдеров. Современные проекты мюонных коллайдеров очень дороги и сложны и требуют построения цепочки новых сверхпроводящих ускорителей для решения проблем с коротким временем жизни мюонов и уменьшением эмиттанса пучка.

В этих проектах мюоны получают на мишенях при низких или промежуточных энергиях. Затем после уменьшения эмиттанса пучка они должны очень быстро ускориться, поскольку время жизни очень мало ($\tau_\mu = 2$ мкс с системе покоя). Здесь мы хотим предложить вариант коллайдера, где мюоны можно получить на адронном коллайдере при высокой энергии с помощью фокусирующих изогнутых кристаллов.

В предыдущем разделе показано, что в двухкристальной схеме в распадном туннеле длиной в несколько километров в результате распада $\pi, K \rightarrow \mu \nu_\mu$ можно

получить пучки нейтрино высоких энергий. Эти нейтрино сопровождаются мюонами очень высокой энергии, которые могут быть использованы для мюонного коллайдера нового типа [87].

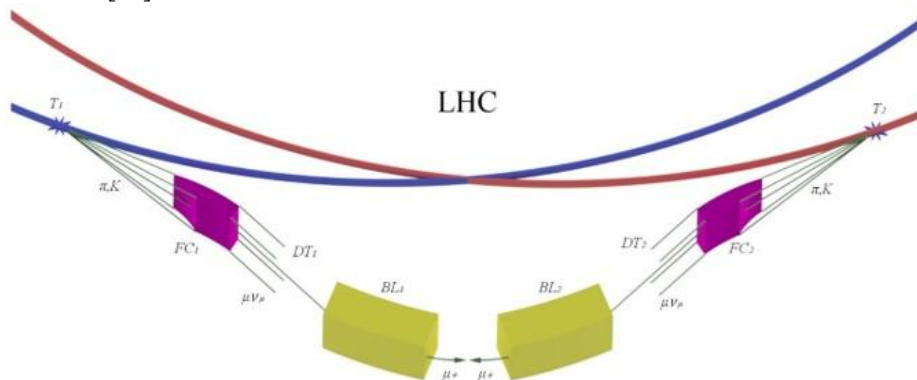


Рис. 26. Кристаллический мюонный коллайдер: $T_{1,2}$ – внутренние мишени в большом адронном коллайдере, $FC_{1,2}$ – двухкристалльные фокусирующие системы, $DT_{1,2}$ – распадные туннели, $BL_{1,2}$ – магнитооптические каналы.

Суть нашего предложения показана на рис. 26. Внутренние мишени $T_{1,2}$ установлены в двух различных кольцах одного из больших адронных коллайдеров (ТэВ – класса). Две фокусирующих кристаллических системы $FC_{1,2}$ образуют пучки вторичных пионов и каонов, как описано выше. Мюонные пучки образуются в распадных туннелях $DT_{1,2}$ длиной около километра. Поскольку масса мюона много больше массы нейтрино, они рождаются с малыми углами в лабораторной системе отчета.

Если энергия первичного протонного пучка составляет 7 ТэВ, как в БАК, то можно рассчитывать на образование мюонных пучков порядка сотен ГэВ в распадных туннелях. Углы образования мюонов при таких энергиях находятся в пределах десятков мкрад. Это приводит к значению эмиттанса мюонного пучка около 1 мм×мрад в конце распадного туннеля. Параметры мюонного пучка рассчитывались методом Монте Карло с учетом кинематики двухчастичного распада [88]. Размер мюонного пучка в интервале импульсов 450–550 ГэВ/с, как показали расчеты, вписывается в апертуру типовых квадрупольных линз диаметром 200 мм. В этом случае магнитооптические каналы транспортировки частиц $BL_{1,2}$ с начальным и конечным объективами линз с высоким градиентом магнитного поля могут захватывать и фокусировать мюонные пучки в большом диапазоне импульсов в несколько процентов.

Ниже мы дадим очень приблизительную оценку светимости такого мюонного коллайдера. Известна формула для определения светимости коллайдера: $L = f \times \frac{N^2}{4\pi\sigma^2}$, где f – частота столкновений, N – число частиц в пучке, σ – размер пучка. Например, для БАК, где вращаются около 3000 сгустков с частотой обращения около 10000 оборотов в секунду (т.е. $f = 3 \times 10^7 \text{ с}^{-1}$), интенсивность 10^{11} частиц в сгустке и пучок размером в несколько десятков микрон в месте встречи, это дает величину $10^{34} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Сгустки пионов величиной $10^{-3} \times 10^{11} = 10^8$ частиц будут генерироваться на тонких струйных мишенях $T_{1,2}$ длиной 0.1 г/см² (взаимодействие интенсивного циркулирующего пучка с тонкими мишенями рассмотрено в [71]). Принимая во внимание выбранный диапазон импульсов 10% и размер сфокусированных мюонных пучков порядка долей миллиметра в точке пересечения мюонов, получаем значение светимости $L_\mu \sim 10^7 \times 10^{14} \times 10^3 = 10^{24} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Но если применить дополнительно в этом варианте мюонного коллайдера

короткофокусные кристаллы в точке встреч, как в случае с рассмотренным выше электрон-позитронным коллайдером (см. рис.18а), идея кристаллического мюонного коллайдера становится очень привлекательной. В этом случае светимость увеличится до $L = 10^{27} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$.

Этого недостаточно для полномасштабных мюонных экспериментов, но такую схему мюонного коллайдера можно использовать, по крайней мере, в качестве испытательного стенда для будущих экспериментов. Неоспоримое положительное качество этого предложения заключается в его простоте. Нет необходимости строить новый ускоритель. Проект может быть реализован в существующих ускорителях БАК и Теватрон, либо в строящемся FCC и законсервированном российском проекте УНК.

Следует ожидать, что при энергии FCC (50 ТэВ) светимость такого мюонного коллайдера значительно возрастет за счет уменьшения эмиттанса мюонного пучка. Мы надеемся провести детальные расчеты и оптимизации в будущем.

Также отметим, что в предлагаемой схеме можно организовать режим столкновения π, K мезонных пучков Тэвнских энергий. И светимость такого мезонного коллайдера будет на два порядка выше мюонной моды за счет большей интенсивности и меньшего эмиттанса пучка $L_{\pi} \sim 10^{29} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Для этого надо лишь убрать мюонные фильтры из магнитооптических каналов $BL_{1,2}$.

Заключение

В работе мы представили новые применения изогнутых кристаллов в ускорительной науке, которые, мы надеемся, могут стимулировать новые эксперименты по физике высоких энергий. Рассмотренные возможности формирования пучков кристаллами будут способствовать продвижению программы «физика за пределами коллайдеров». Сформулированные предложения для применения кристаллов на больших ускорителях подкрепляются экспериментальными исследованиями как на ускорителях ЦЕРН, так и на отечественном ускорителе У-70.

Список литературы / References

1. *E.N. Tsyganov* "Estimates of cooling and bending processes for charged particle penetration through a mono crystal", 1976, preprint TM-682, TM-684, Fermilab, Batavia.
2. *A.F. Elishev et al.* "Steering of charged particle trajectories by a bent crystal", Phys. Lett. B 88, 387 (1979); JETP Lett. 30, 442 (1979)
3. *Avdeichikov V.V., Buldakovskii V.N., Buchkiv A.V. et al.* Accelerated Beam Extraction by Means of a Bent Single Crystal at the JINR Synchrophasotron // Technical Repot, Fermilab. – 1986. – FN-0429 – February 1986. - P. 1-6.
4. *Asseev A.A., Bavizhev M.D., Ludmirsky E.A., Maishev V.A., Fedotov Yu.S.* Extraction of the 70-GeV proton beam from the IHEP accelerator towards beamline 2(14) with a bent single crystal // Nucl. Instr. And Meth. in Phys. Res. A. – 1991. - Vol. 309. – No 1-2. – November 1991. – P.1-4.
5. *Афонин А.Г., Бирюков В.М., Гаврилушкин В.А., Гресь В.Н. и др.* Новые результаты по изучению эффективного вывода протонов кристаллом из 70 ГэВ ускорителя ИФВЭ // Письма в ЖЭТФ. – 1998. – Т. 68. - № 7. – Октябрь 1998. – С. 544-548.
6. *Afonin A.G., Baranov V.T., Biryukov V.M. et al.* High-Efficiency Beam Extraction and Collimation Using Channeling in Very Short Bent Crystals // Phys. Rev. Lett. – 2001. – Vol. 87. - No 9. – August 2001 – P094802.
7. *Афонин А.Г., Баранов В.Т., Бирюков В.М., Кардыш А.А. и др.* Вывод пучка протонов из ускорителя ИФВЭ с помощью коротких кристаллов кремния // Phys. Part. Nucl. – 2005. – Т. 36. - № 1. – С. 43 – 99. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www1.jinr.ru/Pepan/2005-v36/v-36-1/pdf/v-36-1_03.pdf.

8. *Filler III R.P., Dress A., Gassner D., Hammons L. et al.* Results of bent crystal channeling and collimation at the Relativistic Heavy Ion Collider // *Phys. Rev. ST. Accel. Beams.* – 2006. – Vol. 9. No 1. – January 2006. – P.013501.
9. *Mokhov N.V., Annala G.E., Apyan A., Carrigan R.A. et al.* Crystal Collimation Studies at the Tevatron (T-980) // *International Journal of Modern Physics A.* – 2010 – Vol. 25. – No `supp01. – June 2010. – P. 98-105.
10. *Scandale W., Arduini G., Assman R., Bracco C., Gilardoni S. et al.* First results on the SPS beam collimation with bent crystal // *Physics Letters B.* – 2010 – Vol. 692. – No 2. – August 2010. – P. 78-82.
11. *Scandale W., Arduini G., Butcher M. et al.* Observation of channeling for 6500 GeV/c protons in the crystal assisted collimation setup for LHC // *Physics Letters. B.* – 2016. – Vol. 758. – P. 129-133.
12. *Scandale W., Taratin A.M.* Channeling and volume reflection of high-energy charged particles in short bent crystals. Crystal assisted collimation of the accelerator beam halo // *Phys. Rep.* – 2019. – Vol. 815. – No 2. – June 2019. – P. 1-107.
13. *W. Scandale, A.G. Afonin, Yu.A. Chesnokov, A.A. Durum, V.A. Maisheev, Yu.E. Sandomirsky, A.A. Yanovich, I.A. Yazyinin et al* “Feasibility of crystal-assisted collimation in the CERN accelerator complex”, *International Journal of Modern Physics A* (2022), v.37, p. 2230004 (108 pages).
14. *V.M. Biryukov, V.I. Kotov, Yu.A. Chesnokov* Steering of high-energy charged-particle beams by bent single crystals, *Physics-Uspekhi* 37 (10), 937 (1994).
15. *V.M. Biryukov, Yu.A. Chesnokov, V.I. Kotov.* “Crystal channeling and its application at high-energy accelerators”. Berlin, Germany: Springer (1997) 219 pp.
16. *A.G. Afonin, V.T. Baranov, E.V. Barnov, G.I. Britvich, Yu.A. Chesnokov et al* Positive features of crystal extraction of protons and carbon ions from the U-70 on basis of long-term experience, *International Journal of Modern Physics A* 33 (23), 1850138 (2018).
17. *A.M. Taratin, S.A. Vorobiev, M.D. Bavizhev, I.A. Yazyinin.* *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. B* 58, 103, 1991.
18. *V.M. Biryukov.* *Phys. Rev. Lett.*, 74, p. 2471, 1995.
19. *Arkipenko A.A., Afonin A.G., Baranov V.T., Britvich G.I., Kotov V.I., Maisheev V.A., Maksimov A.V., Reshetnikov S.F., Chepegin V.N., Chesnokov Yu.A. and Yazyinin I.A.* *JETP Lett.* 2008, vol. 88, no. 4, p. 229.
20. *Degtyarev I., Liashenko O.A. and Yazyinin I.A.* in *Proc. PAC 2001, Chicago*, p. 2506. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/p01/PAPERS/WPPH314.PDF>
21. *Bel'zer L.I., Bodyagin V.A., Vardanyan I.N., Gribushin A.M., Ershov A.A., Zharkov N.A., Kirillov A.D., Kodolova O.L., Komolov L.N., Kukushkina R.I., Rukoyatkin P.A., Sarycheva L.I., Svetov A.L., Semenyushkin I.N. and Sinev N.B.* *JETP Lett.*, 1988, vol. 46, no. 8, p. 381.
22. *Arduini G., Biino C., Clement M., Cornelis K., Doble N., Elsener K., Ferioli G., Fidecaro G., Gaignon L., Grafstrom P., Gyr M., Herr W., Klem J., Uggerhoj U.I., Weisse E. et al.* *Phys. Rev. Lett.*, 1997, vol. 79, p. 4183.
23. *Fliller R.P., Drees A., Gassner D., Hammons L., McIntyre G., Peggs S.G., Trbojevic D., Biryukov V., Chesnokov Yu. and Terekhov V.* *Phys. Rev. ST Accel. Beams*, 2006, vol. 9. p. 013501.
24. *Scandale W., Arduini G., Assmann R., Bracco C., Cerutti F., Christiansen J., Gilardoni S., Laface E., Losito R., Masi A., Metral E., Mirarchi D., Montesano S., Previtali V., Redaelli S. et al.* *Phys. Lett., B*, 2011, vol. 703, p. 547.
25. *Y.M. Ivanov, A.A. Petrunin, V.V. Skorobogatov et al.* *Phys. Rev. Lett.* 97, 144801 (2006).
26. *Иванов Ю.М., Бондарь Н.Ф., Гавриков Ю.А., Денисов А.С. и др.* Объемное отражение протонов с энергией 1 ГэВ изогнутым кристаллом кремния // *Письма в ЖЭТФ.* – 2006. – Т. 84. С. 445-450.
27. *W. Scandale, D. Still, A. Carnera et al.* *Phys. Rev. Lett.* 98, 154801 (2007).

28. *W. Scandale, A. Vomiero, E. Bagli et al.* Observation of channeling and volume reflection in bent crystals for high-energy negative particles, *Physics Letters*, B681 (2009) 233.
29. *A.M. Taratin and S.A. Vorobiev.* *Phys. Lett. A* 119, 425 (1987).
30. *V.A. Maisheev.* *Phys.Rev.ST Accel.Beams* 10:084701 (2007).
31. *W. Scandale, A. Vomiero, S. Baricordi et al.* *Physical Review Letters* 102, 084801 (2009).
32. *V.V. Tikhomirov.* *Physics Letters*, B655 (2007) P. 217.
33. *W. Scandale, A. Vomiero, E. Bagli et al.* *Physics Letters* B682 (2009), P. 274–277.
34. *Scandale W., Arduini G., Butcher M., Cerutti F. et al.* Comparative results on the deflection of positively and negatively charged particles by multiple volume reflections in a multi-strip silicon deflector // *Письма в ЖЭТФ*. – 2015. – Т. 101. – № 10. – May 2015. – P. 755-760.
35. *Scandale W., Vomiero A., Bagli E. et al.* First observation of multiple volume reflection by different planes in one bent silicon crystal for high-energy protons // *Physics Letters. B.* – 2009. – Vol. P. 274-279.
36. *Scandale W., Vomiero A., Bagli E. et al.* Observation of multiple volume reflection by different planes in one bent silicon crystal for high energy negative particles // *Europhys. Lett.* – 2011. - Vol. 93. –P. 56002.
37. *Афонин А.Г., Баранов В.Т., Булгаков М.К., Войнов И.С. и др.* Коллимация циркулирующего пучка в синхротроне У-70 с помощью отражения частиц в кристаллах с осевой ориентацией // *Письма в ЖЭТФ*. – 2011. – Т. 93. - № 4. - Февраль 2011. – С. 205-208.
38. *Lambropoulos J.C., Xu S., Fang T., Golini D.* Twyman effect mechanics in grinding and microgrinding // *Applied Optics*. – 1996. – Vol. 35. – P. 5704-5713.
39. *Scandale W. et al.* *Nucl. Instr. And Meth. in Phys. Res. B.*-Vol. 338-p.108 (2014)/
40. *Assmann R.W., Baishev I.S., Brugger M. et al.* Requirements for the LHC collimation system // *CERN-LHC-Project-Repot-599.* - 8th European Particle Accelerator Conference: Paris, France. - 3-7 Jun 2002. – P. 197.
41. *Bruce R., Abramov A., Bertarelli A. et al.* Collimation system studies for the FCC-hh // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2019. - Vol. 1350. –No 1. – P.012009. - 10th International Particle Accelerator Conference: Melbourne, Australia. - 19–24 May 2019.
42. *Алейник А.Н., Афанасьев С.Г., Воробьев С.А., Забаев В.Н., Ильин С.И., Калинин Б.Н., Потылицын А.П.* Ориентационное акустическое излучение электронов в толстом кристалле кремния // *ЖТФ*. – 1989. - Т. 59.- № 2. – С. 191-193.
43. *Денисов Ф.П., Потылицын А.П., Ильин С.И.* Проблемы применения эффектов каналирования частиц кристаллами в физике высоких энергий // *Материалы Всесоюзного совещания. Краткое сообщение: Протвино, 1991.* – С. 56-58.
44. *Маишеев В.А., Сandomirский Ю.Е., Чесноков М.Ю., Чесноков Ю.А., Янович А.А., Язынин И.А.* Использование отражения частиц в изогнутых кристаллах для коллимации пучка в больших адронных коллайдерах // *Письма в ЖЭТФ*. – 2020. – Т. 112. – С. 3-8.
45. *Kaloyan A.A., Tikhomirov S.A., Podurets K.M., Maisheev V.A., Sandomirskiy Yu.E., Chesnokov Yu.A.* Study of the crystal device for deflecting high-energy proton beams using synchrotron radiation diffraction // *Crystallography Reports*. – 2017. – Vol. 62. – No 3. - June 2017. – P. 370-373.
46. *S. Bellucci, Yu. A. Chesnokov, V. A. Maisheev and I. A. Yazyinin.* *Phys. Rev. ST Accel. Beams* 18, 114701 (2015).
47. *V.A. Maisheev.* Coherent Processes in Bent Single Crystals, *Proceedings of 51st Workshop “Charged and Neutral Particles Channeling Phenomena “* Erice, Italy, October 2008 doi:10.1142/9789814307017_0009
48. *Shiltsev V.D.* Experience with crystals at Fermilab accelerators // *International Journal of Modern Physics A*. – 2019. – Vol. 34. P. 1943007.

49. Гордеева М.А., Гурьев М.П., Денисов А.С. и др. Первые результаты исследования фокусировки пучка протонов с энергией 70 ГэВ изогнутым монокристаллом // Письма в ЖЭТФ. – 1991. – Т. 54. – С. 485-489.
50. Афонин А.Г., Баранов В.И., Баранов В.Т., Бритвич Г.И., Бугорский А.П. и др. Исследование фокусировки пучка протонов с энергией 50 ГэВ с помощью нового кристаллического устройства // Письма в ЖЭТФ. – 2012. – Т. 96. – С. 470-473.
51. Dainese A., Diehl M., Di Nezza P. et al. CERN-PBCREPORT-2018-008. – [Electronic Resource]. URL: <https://arxiv.org/abs/1901.04482> - January 2019.
52. Lansberg J.P., Chambert V., Didelez J.P. et al. A Fixed-Target Experiment at the LHC (AFTER@LHC): luminosities, target polarisation and a selection of physics studies [Electronic Resource]. URL: <https://arxiv.org/abs/1207.3507> - June 2012.
53. Brodsky S.J., Fleuret F., Hadjidakis C. Lansberg J.P. Physics Opportunities of a Fixed-Target Experiment using the LHC Beams // Physics Reports. – 2013. – Vol. 552. – P. 239-255.
54. Scandale W., Arduini G., Cerutti F. et al. Comprehensive study of beam focusing by crystal devices // Phys. Rev. Accel. Beams. – 2018 – Vol. 21. – No 1. - January 2018. – P. 014702.
55. Pesaresi M., Ferguson W., Fulcher J., Hall G., Raymond M., Ryan M. and Zorba O. Design and performance of a high rate, high angular resolution beam telescope used for crystal channeling studies // Journal of Instrumentation. – 2011. – Vol. 6. – P. P04006.
56. Baryshevsky V.G. The possibility to measure the magnetic moments of short-lived particles (charm and beauty baryons) at LHC and FCC energies using the phenomenon of spin rotation in crystals // Physics Letters B. – 2016. – Vol. 757. – June 2016. – P. 426-429.
57. Fomin A.S., Korchin A.Yu., Stocchi A., Bezshyyko O.A., Burmistrov L. et al. Feasibility of measuring the magnetic dipole moments of the charm baryons at the LHC using bent crystals // J. High Energy Phys. – 2017. – Vol. 120. – No 8. - August 2017.
58. Botella F.J., Garcia Martin L.M., Marangotto D., Martinez Vidal F., Merli A., Neri N., Oyanguren A., Ruiz Vidal J. On the search for the electric dipole moment of strange and charm baryons at LHC // Eur. Phys. J.C. – 2017. – Vol. 181. – No 77. – March 2017.
59. Bagli E., Bandiera L., Cavoto G., Guidi V., Henry L. et al. Electromagnetic dipole moments of charged baryons with bent crystals at the LHC // Eur. Phys. J. C. – 2017. – Vol. 828. – No 77. – December 2017.
60. Tomas R. CLIC Workshop. – March 2017. – [Electronic Resource]. URL: <https://indico.cern.ch/event/577810/contributions/2492715/>
61. Афонин А.Г., Баранов Е.В., Бритвич Г.И. и др. Фокусировка пучка частиц высокой энергии на предельно коротком расстоянии // Письма в ЖЭТФ. – 2017. - Т. 105. - № 12. – Август 2017. - С. 727-729.
62. Sorriaux J., Kacperek A., Rossomme S., Lee J.A., Bertrand D., Vynckier S., Sterpin E. Evaluation of Gafchromic® EBT3 films characteristics in therapy photon, electron and proton beams // European Journal of Medical Physics. – 2013. – Vol. 29. - No 6. – November 2013. - P. 599-606.
63. Scandale W., Arduini G., Cerutti F. et al. Focusing of a particle beam by a crystal device with a short focal length // Nucl. Instr. And Meth. in Phys. Res. B. – 2018. – Vol. 414. - January 2018. - P. 104-106.
64. A.G. Afonin, A.G. Vasilyeva, A.A. Durum, M.Yu. Kostin, V.A. Maishev, Yu.E. Sandomirsky, V.I. Pitalev, I.V. Poluektov, M.Yu. Chesnokov, Yu.A. Chesnokov, A.A. Yanovich «Short-Focus Crystal Device and Its Applications on Modern Accelerators», Physics of Particles and Nuclei Letters, V. 19, p.389 (2022)/
65. Афонин А.Г., Бритвич Г.И., Бугорский А.П. и др. Отклонение расходящегося пучка протонов с энергией 50 ГэВ с помощью фокусирующего кристаллического устройства // Письма в ЖЭТФ. – 2016. – Т. 104. - № 1. – Июль 2016. - С. 9-12.

66. *Maisheev V.A., Chesnokov Yu.A., Chirkov P.N.* Focusing of high energy particles with the help of bent single crystal // Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. Sect. B. – 2015. – Vol. 355. – July 2015. – P. 360-364.
67. *Scandale W., Arduini G., Cerruti F., Garattini M. et al.* Focusing of 180 GeV/c pions from a point-like source into a parallel beam by a bent silicon crystal // Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. Sect. B. – 2019. – Vol. 446. – May 2019. – P. 15-18.
68. *Scandale W., Arduini G., Cerutti F. et al.* Dechanneling of high energy particles in a long bent crystal // Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. Sect. B. – 2019. – Vol. 438. – January 2019. – P. 38-41.
69. High energy beam optics. Klaus G. Steffen. Publisher, Interscience Publishers, 1965.
70. *В.П. Карташев, В.И. Котов.* Методы формирования пучков частиц на ускорителях высоких энергий. Москва, Энергоатомиздат, 1989.
71. *Г.И. Брутвич и др.* Новый способ получения пучков вторичных частиц на ускорителях. ЖЭТФ, том 156, стр. 277 (2019).
72. *A.J. Malensek* Preprint FNAL FN-341, 1982.
73. *G. Arduini, J. Barranco, A. Bertarelli, N. Biancacci, R. Bruce, O. Brüning, X. Buffat, Y. Cai, L.R. Carve, S. Fart, M. Giovannozzi, G. Iadarola, K. Li, A. Lechner, L. Medina Medrano, E. Métral, Y. Nosochkov, Y. Papaphilippou, D. Pellegrini, T. Pieloni, J. Qiang, S. Redaelli, A. Romano, L. Rossi, G. Rumolo, B. Salvant, M. Schenk, C. Tambasco, R. Tomás, S. Valishev and F.F. Van der Veken* High Luminosity LHC: challenges and plans, JINST 11 C12081 2016
74. *A.G. Afonin, V.M. Biryukov, N.A. Galyaev, V.N. Gres', S.Yu. Grishina, V.N. Zapol'skii, B.A. Zelenov, V.I. Kotov, V.A. Maisheev, V.A. Medvedev, A.V. Minchenko, V.I. Terekhov, E.F. Troyanov, Yu.S. Fedotov, Yu. A. Chesnokov.* Instruments and Experimental Techniques. July 2002, Volume 45, Issue 4, p. 476-481 Studying a Mode of Intense Proton Beam Extraction by a Bent Crystal with Simultaneous Operation with Internal Targets on the U-70 IHEP Accelerator
75. *L.L. Nemenov, Y.A. Plis, V.M. Plotko, N.M. Tarakanov and V.N. Chepegin.* Carbon foil to generate secondary particle beams on proton synchrotron, Instrum. Exp. Tech. 23 (1980) 580.
76. [76] C.Agrigoroae, More powerful protectors for higher luminosity, CERN Bulletin, 29 Oct. 2018
77. *A.G. Afonin, V.T. Baranov, E.V. Barnov et al.* New Crystal Devices for Use at the U-70 Accelerator, JETP letters, vol. 113, p. 226 (2021).
78. *W. Scandale, A.G. Afonin, Yu.A. Chesnokov, A.A. Durum, V.A. Maisheev, Yu.E. Sandomirskiy, A.A. Yanovich et al.* Reduction of multiple scattering of high-energy positively charged particles during channeling in single crystals / The European Physical Journal C. 79 (12), 993 (2019).
79. *W. Scandale, A.G. Afonin, Yu. A. Chesnokov, A.A. Durum, V.A. Maisheev, Yu.E. Sandomirskiy, A.A. Yanovich et al.* Observation of strong reduction of multiple scattering for channeled particles in bent crystals. Physics Letters B, Volume 804, 10 May. 2020, 135396
80. *W. Scandale, A.G. Afonin, Yu.A. Chesnokov, A.A. Durum, V.A. Maisheev, Yu.E. Sandomirsky, A.A. Yanovich et al* “Multiple scattering of channeled and non-channeled positively charged particles in bent monocrystalline silicon”, The European Physical Journal Plus, v.137, n7, p. 811 (2022).
81. *Г.И. Брутвич, М.Ю. Костин, В.И. Путалев, И.В. Полуэктов, Ю.Е. Сandomirский, М.Ю. Чесноков, Ю.А. Чесноков, А.А. Янович* “Формирование пучка частиц высокой энергии с помощью фокусирующих кристаллических устройств”, Письма в ЖЭТФ, том 117, в. 9, стр. 639 - (2023).
82. *Y.A. Chesnokov, V.A. Maisheev* “Neutrino beams at ultra high energy proton colliders on the basis of focusing single crystals”, Nuclear Physics A 1003, 122012.

83. *A.N. Skrinsky* $\mu^+\mu^-$ Possibilities, Morges Seminar 1971 - Intersecting Storage Rings at Novosibirsk.
84. A Muon Collider as a Higgs Factory, D. Neuffer et al., Proc. IPAC'2013 Shanghai, China, p. 1472.
85. Design of a 6 TeV Muon Collider, M-H. Wang et al., Proc IPAC'15, Richmond, USA, p.2226.
86. *M. Antonelli, M. Boscolo, R. Di Nardo, P. Raimondi* "Novel proposal for a low emittance muon beam using positron beam on target", Nucl. Instrum. Meth. A807 101-107 (2016).
87. *M.Yu. Chesnokov, Yu.A. Chesnokov, A.A. Yanovich*, International Journal of Modern Physics A35, 2050002 (2020).
88. *Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц* Теория поля, Москва, Наука, 1988.

BRANCHING RATE OF CRACKS IN SOLIDS

Alekseev A.A. (Russian Federation)

*Alekseev Anisiy Anisievich – candidate of technical sciences,
INSTITUTE OF PHYSICAL AND TECHNICAL PROBLEMS OF THE NORTH SB RAS NAMED
AFTER. V.P. LARIONOVA FEDERAL STATE BUDGETARY INSTITUTION OF SCIENCES
FEDERAL RESEARCH CENTER "YAKUTIAN SCIENTIFIC CENTER SB RAS",
YAKUTSK*

Abstract: *an analysis of the criteria and mechanisms of crack branching has been performed. Works on the study of crack branching in polymers and steel, fractographic study of the fracture surface are considered; crack branching criteria such as dynamic stress intensity factor, crack speed. It has been established that a crack during branching in brittle plastics reaches a maximum propagation speed $V^*=500\text{--}800$ m/s.*

Keywords: *crack, branching, crack speed, vessel.*

СКОРОСТЬ ВЕТВЛЕНИЯ ТРЕЩИНЫ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ

Алексеев А.А. (Российская Федерация)

*Алексеев Анисий Анисиевич – кандидат технических наук,
Институт физико-технических проблем Севера СО РАН им. В.П. Ларионова ФГБУН ФИЦ
«ЯНЦ СО РАН»,
г. Якутск*

Аннотация: *выполнен анализ критериев и механизмов ветвления трещины. Рассмотрены работы по исследованию ветвления трещины в полимерах и стали, фрактографическому исследованию поверхности разрушения; критерии ветвления трещины как динамический коэффициент интенсивности напряжений, скорость трещины. Установлено, что трещина при ветвлении в хрупких пластиках достигает предельной скорости распространения $V^*=500\text{--}800$ м/с.*

Ключевые слова. *Трещина, ветвление, скорость трещин, сосуд.*

Ветвление трещины наблюдается в материалах различной природы: стекле, полимерах [1-5], металлах [6-7] скальных породах и др., однако, вопросы, связанные с установлением единого критерия и объяснением механизма ветвления трещины в твердых телах, остаются открытыми, а выводы разных авторов нередко противоречивы

Основополагающим по экспериментальному исследованию закономерностей разрушения при быстром распространении и ветвлении трещины является цикл работ К. Ravi-Chandar, W.G. Knauss [1], в которых в качестве объекта исследования применялся материал Nomalite-100. Проведены эксперименты по динамическому нагружению плоских прямоугольных образцов с боковой трещиной на установке электромагнитного нагружения, с измерением скорости трещины и коэффициента интенсивности напряжений K_{ID} высокоскоростным фотографированием и теньвым методом каустик. Установлено, что поверхность разрушения разделяется на зеркальную, матовую и перьевую зоны. Скорость трещины составляет в этих зонах: зеркальная – 220 м/с, в матовой и перьевой зонах – от 220 до 500 м/с при ветвлении трещины. Скорость трещины остается постоянной и независимой от возрастания, убывания или постоянства K_{ID} . Коэффициент интенсивности напряжений K_{ID} , напротив меняется значительно. Скорость, с которой трещина распространяется,

определяется уровнем интенсивности напряжений при инициации. Показано, что ветвление трещины наступает при постоянной скорости трещины, и нет однозначной связи между КИН и скоростью трещины.

В работе С.В. Серенсена, Я. Немеца [2] были проведены эксперименты по статодинамическому нагружению тонких плоских образцов из полиметилметакрилата (ПММА) и эпоксидной смолы, с измерением скорости распространения трещины по принципу разрыва токонесущих проводников при пересечении их краем трещины. Ветвление трещины в образцах ПММА не было получено, при номинальных напряжениях $\sigma=41,5$ МПа и $\sigma=62,5$ МПа трещина распространялась по прямой, достигала скорости 450 м/с. В образцах из эпоксидной смолы было получено ветвление трещины, с повышением уровня номинального напряжения увеличивалось начальное ускорение и скорость распространения трещины. При достижении скорости $V^*=400$ м/с возникает тенденция к ветвлению трещины, при этом чем выше уровень номинального напряжения σ , тем раньше начинается ветвление трещины и увеличивается число ветвлений. При напряжении $\sigma < 38$ МПа ветвления нет; при более высоких напряжениях $\sigma > \sigma_B/10$ на поверхности излома образца заметны следы интенсивного микроразветвления трещины и вырывание частиц материала.

В работе E. Sharon, J. Fineberg [3] проведены эксперименты по квазистатическому нагружению на растяжение тонких плоских образцов из ПММА с боковой трещиной, инициация трещины проводилась лезвием. Проводилось измерение скорости трещины покрытием стороны образца тонким проводящим слоем. Показано, что при $V < 340$ м/с ($0,36V_R$) разрушение описывается одиночной трещиной, выше критической скорости появляются маленькие боковые ветви, это сопровождается изменением поверхности разрушения. При $V=550$ м/с меняется поверхность разрушения трещины, образуется шероховатая зона, ширина ветви становится равной ширине образца и трещина становится практически двумерной.

В работе И.Н. Бедия [4] проведены экспериментальные исследования кинетики быстрых трещин в пластинах из ПММА при нагружении импульсным давлением с вариацией амплитуды и длительности импульса. Использовались методы фотоупругости и каустик для регистрации динамических процессов при помощи сверхскоростной кинокамеры. Установлена связь между скоростью роста трещины и макроструктурными особенностями поверхности разрушения: при $V \leq 270$ м/с рельеф поверхности разрушения - зеркальный, $270 \text{ м/с} \leq V \leq 450 \text{ м/с}$ - матовый, $V \geq 450$ м/с - шероховатый. Показано, что ветвление трещины происходит при достижении коэффициентом интенсивности напряжений K_{ID} критической величины ($K_{ID}=K_{IB}$), которая соответствует предельной скорости распространения трещины $V^*=750$ м/с - для пластины толщиной 5 мм $K_{IB}=4,5 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$, толщиной 7,5 мм $K_{IB}=5...5,5 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$, толщиной 10 мм $K_{IB}=6,3...7,1 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$. Установлена однозначная связь между динамическим коэффициентом интенсивности напряжений K_{ID} и скоростью трещины V при малых скоростях, показано, что при высокой скорости $V \geq 270$ м/с однозначность между K_{ID} и V нарушается воздействием отраженных волн.

В работах О.Б. Наймарка [5], С.В. Уварова при испытаниях предварительно нагруженных образцов $\sigma=10-70$ МПа с инициацией трещины острым предметом, регистрацией скорости трещины, поля напряжений, экспериментально обнаружено существование критических скоростей распространения трещин в ПММА: предельная скорость распространения трещины в квазистатическом режиме $V_C=220$ м/с и скорость начала микроветвления $V_B=450$ м/с, при скорости $0,4V_R=530$ м/с происходит резкий переход от прямолинейного распространения трещины к ее ветвлению. Каждой скорости соответствует качественное изменение поверхности разрушения и поля напряжений.

Таким образом, трещина при ветвлении в номинально хрупких материалах - хрупких пластиках достигает предельной скорости распространения $V^*=500-800$ м/с

[1-5] (рис. 1). На данный момент до конца не установлен физический механизм перехода трещины от прямолинейного распространения к ветвлению [8], объясняющий существование экспериментально наблюдающейся предельной скорости распространения трещины V^* .

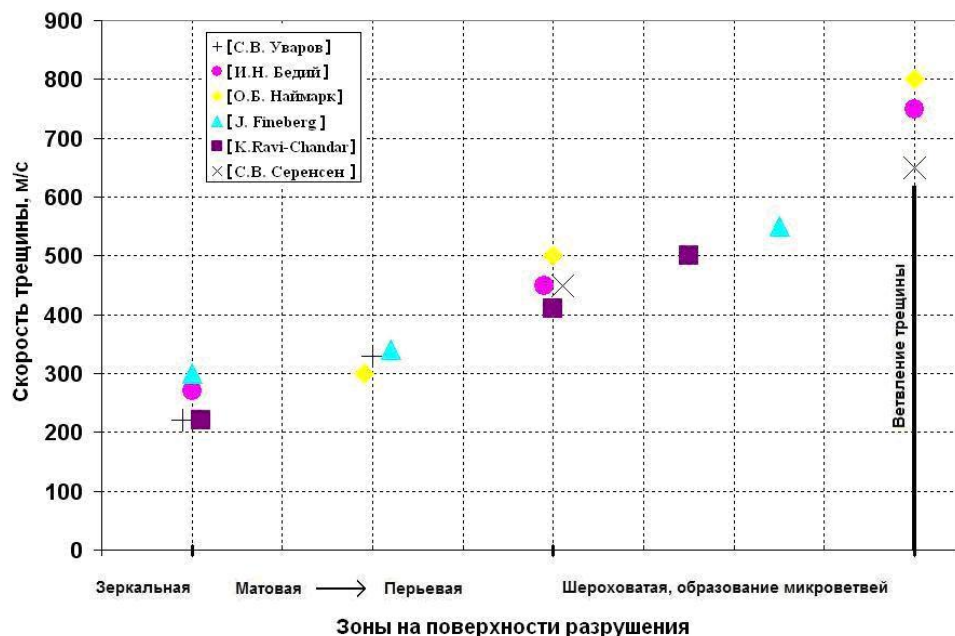


Рис. 1. Скорость трещины в хрупких полимерах на различных этапах распространения трещины.

Список литературы / References

1. K. Ravi-Chandar, W.G. Knauss. An experimental investigation into dynamic fracture. III. On steady-state crack propagation and crack branching // International Journal of Fracture. 1984. №26. P. 141-154.
2. Немец Я., Серенсен С.В., Стреляев В.С. Прочность пластмасс. М.: Машиностроение, 1970. 335 с.
3. E. Sharon, J. Fineberg. Microbranching instability and the dynamic fracture of brittle materials // Physical Review B. 1996. V.54, №10. P. 7128-7139.
4. Бедий И.Н. Кинетика быстрых трещин и их ветвление: Автореф. дисс... канд. техн. наук / ИПП АН УССР. Киев, 1990. 17 с.
5. О.Б. Наймарк, В.А. Баранников, М.М. Давыдова и др. Динамическая стохастичность и скейлинг при распространении трещины // Письма в ЖТФ. 2000. Т.26, Вып. 6. С. 67-77.
6. Финкель В.М. Физика разрушения. М.: Металлургия, 1970. 376 с.
7. А.А. Алексеев, А.И. Левин, А.С. Сыромятникова, К.Н. Большев, В.А. Иванов, З.Е. Петров. Ветвление трещины при разрушении цилиндрических оболочек из углеродистой стали внутренним давлением // Деформация и разрушение материалов. 2008. №12. С. 33 – 39.
8. К.Н. Большев, А.А. Алексеев, В.А. Иванов, А.С. Сыромятникова, А.М. Большаков, А.С. Андреев. Экспериментальное исследование скорости ветвления трещины в полимерах // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2018. Том 84. №4. С. 60-65.

АНАЛИЗ ЗВЕРИНОГО СТИЛЯ БРОНЗОВОГО ВЕКА В ЮНЬНАНИ (КИТАЯ)

Ши Х. (Российская Федерация)

*Ши Ханьда - магистр исторических наук,
Российский университет дружбы народов,
г. Москва*

Аннотация: в статье анализируется и исследуется звериный стиль бронзового века в Юньнани, юго-западный Китай. Мы полагаем, что в бронзовом веке в Юньнани уже существовал развитый звериный стиль, и в процессе развития на него оказал влияние звериный стиль северного Китая и скифский стиль евразийских степей.

Ключевые слова: регион Юньнань, бронзовый век, звериный стиль, евразийская степная археология.

ANALYSIS OF THE BRONZE AGE ANIMAL STYLE IN YUNNAN (CHINA)

Shi H. (Russian Federation)

*Shi Handa - Master of Historical Sciences,
PEOPLES' FRIENDSHIP UNIVERSITY OF RUSSIA,
MOSCOW*

Abstract: the article analyzes and explores the animal style of the Bronze Age in Yunnan, southwestern China. We believe that in the Bronze Age there was already a developed animal style in Yunnan, and in the process of development it was influenced by the animal style of northern China and the Scythian style of the Eurasian steppes.

Keywords: Yunnan region, Bronze Age, Animal style, Eurasian steppe archaeology.

В погребениях бронзового века Юньнани обнаружено большое количество прекрасно моделированных бронзовых изделий, включая бытовую утварь, орудия труда, оружие, музыкальные инструменты, украшения и т.д. Подавляющее большинство этих бронзовых изделий украшено изображениями животных, причем виды животных чрезвычайно богаты. В данной статье мы обобщим и классифицируем типы животных, виды узоров и содержание узоров, встречающихся в археологических находках, а также всесторонне рассмотрим их художественные особенности, технику литья и декоративные приемы в сравнении с древними данными.

1. Классификация звериного стиля

В зависимости от состояния активности животного, сочетания типов паттернов животных можно условно разделить на статические паттерны животных, динамические паттерны животных, паттерны активности человека и животных трех категорий.

Статические животные, как правило, изображают одного или нескольких животных стоя, сидя или лежа, и встречаются в основном на оружии - кинжалах, чеканах и копьях, а также на круглых и прямоугольных украшениях пряжек. Например, орнамент пряжки Шизайшань "Круглый край обезьяны" (M71:98) украшен небольшой полупрозрачной обезьянкой на краю, которая опоясывает орнамент пряжки по кругу против часовой стрелки [1, рис. 69]. Кроме того, медный посох с кроликом (M1:18a), бронзовый топор с кроликом (M12:6), бронзовый меч с рукояткой в виде обезьяны (M3:36), застежка в виде головы тигра из Тяньцзымяо (M41:48) и

застежка в виде головы быка с могильника Янфутуо (М314:8) украшены статичными фигурами животных.

Динамичные животные мотивы в основном демонстрируют свирепые сцены "драки тигра и быка", "тигр кусает свинью", "волк и леопард дерутся за оленя", "волк кусает овцу" и т.д. Подобные мотивы встречаются в основном на корпусе домашней утвари, оружии и украшениях-пуговицах неправильной формы. Свирепые сцены кусания и борьбы друг с другом, такого рода узоры в основном встречаются на жилой утвари, корпусе оружия и украшениях пряжек неправильной формы. Например, раковинный сосуд Шизайшань М71:142, на верхней и нижней частях которого выгравированы четыре группы изображений борьбы животных: борьба тигра с коровой, борьба тигра с волком, змея, пожирающая птицу, волк, пожирающий кролика и т.д. Бронзовые предметы с изображением сцен борьбы животных, а также бронзовая пряжка Шизайшань "два тигра, пожирающие скот" (М3:67), пряжка "леопард и волк, пожирающие овец" (М3:65), "тигр на спине быка" (М7:32), пряжка Лицзяшань "тигр, пожирающий свинью" (М20:29) и др.

Узор с участием человека и животных, т.е. узор с участием животных и преимущественно человека, обычно выражает такие виды социальной деятельности, как охота, ритуалы, животноводство, дань, и встречается в основном на корпусе домашней утвари и пуговицах, и орнаментах неправильной формы. Например, сосуд для хранения раковин Шицайшань М71:142, на крышке - сцена охоты на оленя двух групп рыцарей; украшения пряжек Лицзяшань "два человека охотятся на оленя" (М13:7), "два человека охотятся на свиней" (М13:8), "три человека связывают скот" (М13:8). К этому же типу узора относятся пряжка "Два человека, охотящиеся на оленя" (М13:7), пряжка "Два человека, охотящиеся на свинью" (М13:8) и пряжка "Три человека, связывающие быка" (М14:2).

2. Природные особенности и социальная жизнь отразились в декоре с животным принтом.

(1) Природная среда. Люди бронзового века Юньнани в основном живут в субтропическом - тропическом типе плато с влажным муссонным климатом Центрального плато Юньнань, в регионе приятный климат, четыре времени года, как весной, природные условия превосходны, больше попугаев, павлинов и других субтропических распространенных диких животных [2].

Изображения животных на многих бронзовых изделиях могут быть подтверждены историческими данными. Например, сосуд для хранения раковин Шизайшань М71:133, содержимое которого отлито на крышке, отражает некоторых распространенных субтропических животных, чрезвычайно ярко показывая сцену борьбы между животными; на крышке в центре двухслойное четырехрожковое дерево, которое можно рассматривать как основу для сцены в окружении джунглей, внизу дерева находится тигр, который, кажется, захватывает двух коров рядом с ними, корова перед верхней частью рогов тигра, а другая пробирается через задние ноги тигра, из-за огромного размера коровы тигр кажется чрезвычайно болезненным из-за осады коровы, открывая рот для шипения; на ветках дерева находятся два маленьких хвостикола, которые стоят на спине друг друга, которые испытывают боль. Тигру, по-видимому, очень больно от осады скота, он открывает рот, чтобы шипеть; на ветвях дерева, на спине двух хвостатых обезьян, сидят две маленькие птицы, по-видимому, пострадавшие от сцены ожесточенной борьбы, и боятся летать" [3, с. 333]. Другой пример - медный браслет Лицзяшань М13:4, на лицевой стороне которого выгравированы тигр, леопард, свинья, рыба, пчела, креветка и другие дикие животные (рис. 1) [4]; сумка для стрел из Янфутуо М13:365, на лицевой стороне которой также выгравированы павлины, боевой рисунок "два тигра, пожирающие быка", насекомые, змеи и другие птицы и животные, рыбы и насекомые, которые обычно встречаются в тропиках и субтропиках [5]. Точно демонстрировали природно-климатические особенности региона Дяньчи бронзового века.



Рис. 1. Развернутое изображение одноплечевого браслета.

2. Социальная жизнь. Из записей Сыма Цяня в "Ши цзи" следует, что юго-западный Китай уже в бронзовом веке перешел к земледельческому обществу. В погребениях культуры Дянь найдено большое количество остатков риса, бронзовых сельскохозяйственных орудий, предметов с изображениями сельскохозяйственных ритуалов и зернохранилищ, но из-за рабовладельческого строя, сохранявшегося в период существования государства Дянь [6], охота и животноводство оставались важнейшими видами общественной деятельности людей низшего сословия. На бронзах культуры Дянь много мотивов, посвященных деятельности людей, отражающих взаимоотношения между людьми и животными и социально-экономические условия жизни населения Дянь, в основном это сельскохозяйственные ритуалы, охота и скотоводство.

Ритуал поклонения. В период Юньнань существовал целый ряд ритуалов, связанных с сельским хозяйством, занимавшим очень важное место в общественной жизни, и, как правило, связанных с убийством быков. Например, сумка для стрел, найденная в M113:365 в Янфутуо, украшена на пятом слое лицевой стороны рисунком "четыре человека связывают корову", причем два человека держат тело коровы, один держит тело коровы и хватается за рога, а другой обеими руками тянет корову за хвост [5], изображая сцену связывания коровы перед ритуалом; украшение пряжки из Лицзяшань "Жертвоприношение коровы" (M24:365) является символом "жертвоприношения коровы". Украшения пряжки "жертвенной коровы" Лицзяшань (M24:90) (рис. 2) [7, с. 654] "После Ханьской книги - биография южных варваров и западных варваров", "Дянь Ван, после Чжуаньруй также имеют соляные пруды, поля и рыбные ловли, золото, серебро и животноводство богатое." [8, с. 14]. В "Хуаян Гочжи - Южный Китай Чжи" также содержится: "Уезд Цзиньнин, Ичжоу также уезд почвы (большой) плоский просторный соленые пруды, поля и рыболовство богатых, серебро и золото богатых животноводства." [5]. По этому можно судить, что государство Дянь богато материальными благами, и там были выгравированы узоры "убийство жертвы" на раковинах хранилища [3, с. 333], из Тяньцзымю с узором "убийство жертвы коровы" на пряжке орнамента также показывает сцену жертвоприношения.

Охота. В зависимости от различий в изображении фигур охотников в охотничьих мотивах их можно условно разделить на охоту на рыцарей и охоту на охотников.

Охота на рыцаря. Например, в Шицайшань М71:142 на крышке сосуда для хранения раковин изображены два набора сцен охоты, в одном из которых рыцарь, охотник и гончая вместе преследуют оленя, а в другом - рыцарь с гончей преследует оленя; рыцари в обоих наборах мотивов хорошо экипированы, держат поводья в левой руке и оружие в правой, направляют коней к оленю, а олень в страхе бежит [9, с. 73]. На пряжке Лицзяшань М13:7 изображена сцена "Охота двух мужчин на оленя", где двое мужчин, оба в высоких бунках и с длинными перьями на голове, держат копыя и наносят удары по телу оленя, а гончая у них за спиной набрасывается на бешено бегущего перед ними оленя (рис. 3-1). Эти рыцари были одеты в причудливые одежды с плюмажами на головах, а объектами их охоты были травоядные животные, такие как олени, не отличавшиеся свирепостью, так что, как видно, подобная охота предназначалась для развлечения и отдыха высших слоев населения государства Дянь.

Охота. Например, на пуговице "Восемь охотящихся тигров" (М17:14) на горе Шичжай изображен стоящий в центре тигр, шестеро из них подняли копыя и колот тигра, один стоит рядом с тигром, а другой держит меч и колет тигра по голове, которую тигр по неосторожности прокусил до земли; кроме того, в охоте участвуют две гончие, две собаки кусают тигра за шею и спину соответственно [10, с. 89]. Другой пример - пуговица Ли Цзяшань "Две охотничьи свиньи" (М13:8), на которой изображены два охотника с двумя собаками, преследующие кабана, причем один из них держит меч и наносит удар по бедрам свиньи, а другого свинья кусает за талию; под свиньей находится гончая, кусающая ее за талию, а другая гончая, по-видимому, напугана и убегает (рис. 3-2) [4]. Охотники более просто одеваются, босые, их общее использование кинжалов для убийства добычи или безоружная охота, охота, более коллективная деятельность и имеет свое разделение труда, объект охоты тигры, леопарды, кабаны и другие свирепые звери, сцены охоты опасные, кажется, что этим видом охотничьей деятельности должны заниматься низшие классы народа, чтобы поддерживать свои средства к существованию.

Разведение скота. Изображения пасущегося скота встречаются на декоре некоторых бронзовых предметов. На складском раковинном сосуде Ши Чжайшань М12:2 в нижней части непосредственно выгравировано изображение одного человека, пасущего скот, скотовода, держащего в руках тычок для скота, с веревкой, привязанной к голове скота, всего двенадцать голов скота; в то же время отлито изображение двух человек, пасущих лошадей, два человека держат длинный шест, чтобы пасти семнадцать длинных лошадей [10, с. 77]; складской раковинный сосуд Ли Цзяшань "укрощение", на крышке сосуда четко показана сцена укрощения лошади множеством людей [11, с. 8-9]. Раковинный сосуд Шизайшань М12:1, отлиты две группы изображений пастухов, группа из трех человек, пасущих шесть коз, группа из двух человек, пасущих одиннадцать овец; одновременно отлито изображение пастуха свиней [10, с. 89]. Украшения пряжек класса "фигуры в доме", дома типа "сухой брус" также имеют большее количество изображений крупного рогатого скота, лошадей, кур и других животных на нижнем уровне. Как видно, режим содержания скота в основном дневной - полевой, ночной - закрытый в нижней части сухостойного жилища.

Корова - самое распространенное домашнее животное. Живая утварь, оружие, украшения и т.д. снабжены узорами коров, например, шизайшаньский медный стоячий бык (М6:56), медные украшения пряжек стоячего быка (М22:41), лицзяшаньский двойной стоячий бык чекан (М13:25), проволочная шкатулка "пять быков" (М23:6), шизайшаньские украшения пряжек "боевой бык" (М7:33) (рис. 4-1) и т.д. Это говорит о том, что коров можно использовать как для еды, так и для досуга. "Боевой бык" (М7:33) (рис. 4-1), как видно, может использоваться как для еды, так и для отдыха. Кроме того, в погребениях культуры Дянь найдено большое количество медных коровьих голов и украшений из них, а также коровьи головы на крышках

сосудов для хранения моллюсков и украшения неправильной формы (рис. 4:2), из чего можно сделать вывод, что люди Днян сохраняли коровьи головы после забоя коров; люди Ва культуры Сименг оставляли черепа целых коров под карнизом дома после пастьбы коров, что использовалось для учета количества раз пастьбы коров и хвастовства, а по количеству коровьих голов можно было определить богатство и бедность хозяев дома. По количеству голов вола можно определить богатство главы семьи [12, с. 23]. Таким образом, можно утверждать, что помимо того, что вола приносили в жертву богам и богиням, употребляли в пищу во время ритуалов и использовали для проведения досуга, он также наделен духовным значением изобилия материальных благ и является символом богатства.

Лошади также являются домашними животными, которых содержат в большом количестве. Изображение лошади чаще всего встречается в охотничьей деятельности, в путешествиях за данью, в сценах войны и в других видах деятельности людей и животных, обычно она используется как средство передвижения.

Образ собаки чаще всего встречается в охотничьей деятельности и должен использоваться для охоты. Другие домашние животные должны использоваться только для еды.



Рис.2. Медная пряжка со сценой "заклания быка на празднике".

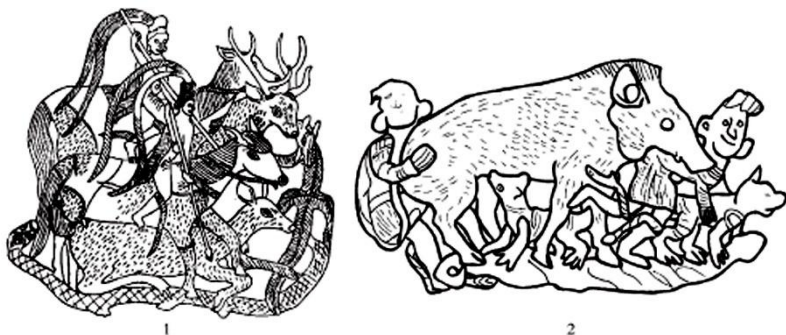


Рис.3. Медная пряжка с изображением сцены охоты.

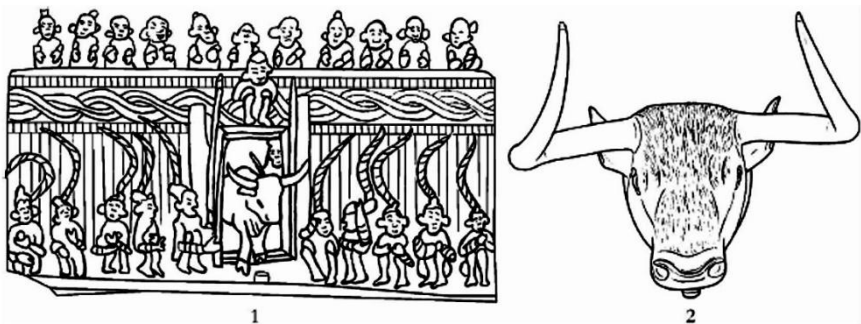


Рис.4. Бронзовые артефакты с бычьими мотивами. 1. кнопки; 2. украшение.

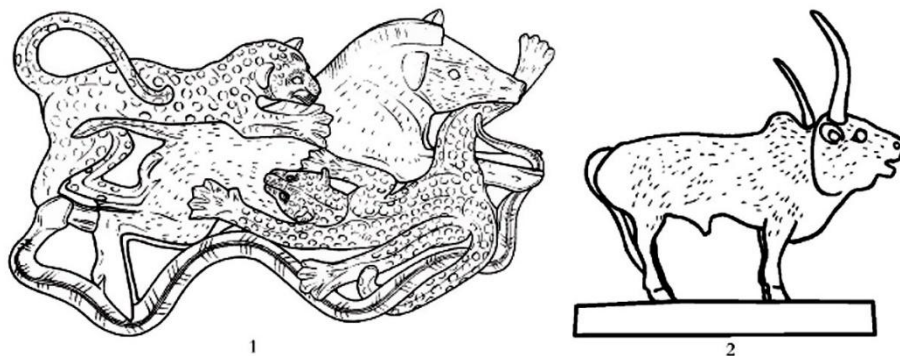


Рис.5. 1. Латунные кнопки с тематикой "Укусы животных"; 2. Бронзовая статуя быка.

3. Художественное заимствование.

Влияние иноземных культур на культуру коренных народов было более широким, смелым и творческим. Некоторые ученые считают, что звериный декоративный стиль бронз культуры Юньнань возник под влиянием скифской культуры [13].

Скифская культура была создана скифами на основе их кочевого и охотничьего быта и длительного внешнего обмена, и в качестве основной декоративной темы в ней использовались животные, изображения которых встречаются на многих предметах декора и военном оружии. Скифское искусство было широко распространено и оказало чрезвычайно глубокое влияние на художественные стили кочевых и полукочевых народов Сибири, Монгольского нагорья и прилегающих территорий [14, с. 22]. Большое количество произведений искусства скифского стиля найдено на побережье Черного моря, в Казахстане, на Алтае, в Южной Сибири и т.д. Скифское искусство испытало влияние позднего периода Весны и Осени и периода Воюющих государств в северных регионах Китая, прошло через Синьцзян и Ганьсу на юг, на юг, затем развитие и распространение его художественного стиля в юго-западном регионе [15].

Некоторые изображения животных на бронзах культуры Дянь схожи с узорами скифской культуры, которые, возможно, в определенной степени испытали влияние скифской культуры в материалах и художественной композиции, и представляют сходные модельные характеристики и культурные коннотации. Например, два украшения пряжек Ли Цзяшань M51:271, M13:45 украшены изображением львовидного чудовища, причем лев - это не Центральная равнина Китая, а Юго-Западный регион распространенного чудовища. Согласно "Книге поздней Хань", самые ранние львы были принесены в дар государством Аньши в период Западной Хань, а по результатам типологического исследования и определения углерода-14 соответствующих артефактов, найденных в Лицзяшань, можно судить, что верхний предел их возраста приходится примерно на период Воюющих государств, что явно раньше времени принесения дани львам государством Аньши, поэтому изображение чудовищ с характеристиками львов является продуктом распространения скифской культуры. В скифской культуре существует большое количество рисунков боя животных ("лев, пожирающий оленя", "лев, пожирающий кабана", "тигр, пожирающий оленя", "барс, пожирающий оленя" и т.д.), а также рисунков верховой езды [13]. Художественный стиль подобных изображений животных в культуре Дянь очень похож на скифский, но конкретные персонажи и особенности животных явно отличаются, например, одежда и орудия охоты витязей сильно отличаются от витязей в скифском искусстве; в то же время в культуре Дянь образы животных в скифском искусстве заменяются образами животных, характерных для Дянь, таких как тигр, леопард, волк. В то же время культура Дянь с помощью образов тигра, леопарда, волка и других распространенных в Юньнани животных заменяет образы животных в

скифском искусстве, например, в скифском искусстве рога были изогнуты или закручены спиралью, изображение оленя в культуре Дянь не имеет этой особенности, а изображение змеи в нижней части неправильной формы пряжки орнамента также не встречается в скифских произведениях искусства. Как видно, звериное декоративное искусство дянской культуры в определенной степени унаследовало и заимствовало темы и стили скифского искусства, а также в процессе развития в него собственных природных условий, особенностей социальной жизни.

4. Вывод

Бронзы бронзового века Юньнань отличаются большим разнообразием изображений животных на них, богатством форм животных, разнообразием типов животных мотивов. Распространенные изображения животных и типы узоров не только точно отражают особенности тропического и субтропического климата и распространенных животных Юньнани, но и раскрывают взаимоотношения человека и животных, отражают социально-экономические условия жизни народа дянь в плане ритуалов, охоты и скотоводства; в период существования Древнего государства дянь такие виды деятельности, как сельскохозяйственные ритуалы, занимали очень важное место, и в ритуалах обычно использовались быки. Охотничий промысел в государстве Дянь можно разделить на конную охоту для развлечения и отдыха высших слоев общества и охоту для поддержания средств к существованию низших слоев общества; в то же время животноводство в государстве Дянь было чрезвычайно развито, а скот был самым важным видом домашнего скота, который занимал чрезвычайно важное место в материальной и духовной культуре общества того времени и являлся символом богатства.

Подводя итог, можно сказать, что изображения животных на бронзах бронзового века Юньнани являются отражением природной среды и социально-экономической жизни Юньнани, воплощением интеграции жизни и искусства древних юньнаньцев, свидетельством культурного обмена между Юньнанью и ее соседями. Украшения в виде животных на юньнаньских бронзах прекрасно выражают художественную мысль древних юньнаньцев, что придает им неповторимое очарование и является заслуженным художественным достоянием.

Список литературы / References

1. Под редакцией провинциального института культурных реликвий и археологии Юньнани и др. Гора Цзиннин Шичжай - отчет о пятих раскопках", Пекин, издательство: Вэньу, 2009, 230 с. рис. 69.
2. *Тун Энчжэн*. Древняя система вожества на Юго-западе Китая - примеры, наблюдаемые в культуре Юньнани // Форум китайской культуры, 1994, № 1.
3. *Чан Янь, школьные заметки Лю Линя*. Школьные заметки Хуаянг Гочжи.. том 4, "Наньчжунчи". Чжэнду, издательство: Башу, 1984, С. 333.
4. Музей провинции Юньнань. Отчет о раскопках древних гробниц Лицзяшань в Цзянчуане, Юньнань // вестник Археология, 1975, № 2.
5. Провинциальный институт культурных реликвий и археологии Юньнани и т.д. Отчет о раскопках могильника Янфутуо в Куньмине, Юньнань // журнал: Вэньу, 2001, № 4.
6. *Линь Шэн*. Рабовладельческое общество в регионе Дяньчи династии Западная Хань нашло отражение в бронзовых артефактах, найденных на горе Шичжай, Цзиннинг // журнал: Вэньу, 1975, № 2.
7. "Шицзи", том 16 "Синабилечжуань", издательство: Юйелу Шуиюнь, 2001, С. 654.
8. Отредактировано редакционным комитетом Полного собрания сочинений по китайской бронзе. Полное собрание сочинений по китайской бронзе-Куньмин, Юньнань. Пекин, издательство: Вэньу, 1993, С. 14.
9. Под редакцией провинциального института культурных реликвий и археологии Юньнани и др. Гора Цзиннин Шичжай - отчет о пятих раскопках", Пекин, издательство: Вэньу, 2009, С. 73.

10. Музей провинции Юньнань. Отчет о раскопках древних гробниц в Шичжуйшане, Цзиннин, Юньнань. Пекин, Издательство: Вэньу, 1959, С. 89.
11. Под редакцией регионального административного управления Юйси. Юньнаньские лицзяшаньские бронзы. Куньмин, Народное издательство Юньнани, 1995, С. 8-9.
12. Ван Ниншиэн. Исследование этнической археологии. Куньмин, Народное издательство Юньнани, 2008, С. 30.
13. Чжан Цзэнци. Еще одна дискуссия о влиянии "скифской культуры" в бронзовом веке в Юньнани и ее носителях // журнал Юньнань Вэньу, 1989, № 26.
14. Цзян Шантов, перевод Чжан Чэнчжи. Верхом на национальном государстве. Пекин, издательство: Гунминжэбао, 1999, С. 22.
15. Фанланг Бай Берд, перевод Цай Куя. Влияние скифской культуры на культуру Шичжуйшаня // журнал Юньнань Вэньу, 1980, № 10.

INCREASING THE EFFICIENCY OF AN ENTERPRISE BASED ON FINANCIAL INDICATORS

Andriyanov P.Yu. (Russian Federation)

*Andriyanov Pavel Yurievich - DBA student,
RUSSIAN ACADEMY OF NATIONAL ECONOMY AND PUBLIC ADMINISTRATION UNDER THE
PRESIDENT OF THE RUSSIAN FEDERATION,
MOSCOW*

Abstract: *the article discusses the main approaches to the analysis of financial performance indicators of an enterprise. Categories of financial indicators are given, depending on the aspects of activity that they measure. Some methods of increasing efficiency based on financial indicators have been studied. It is concluded that increasing the efficiency of an enterprise requires a systematic approach, continuous analysis of financial indicators and the adoption of measures.*

Keywords: *enterprise, financial performance, management, sustainability, productivity.*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ФИНАНСОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ Андрянов П.Ю. (Российская Федерация)

*Андрянов Павел Юрьевич - слушатель DBA,
Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте
Российской Федерации,
г. Москва*

Аннотация: *в статье рассматриваются основные подходы к анализу финансовых показателей эффективности деятельности предприятия. Даны категории финансовых показателей, в зависимости от аспектов деятельности, которые они измеряют. Исследованы некоторые методы повышения эффективности на основе финансовых показателей. Сделаны выводы о том, что повышение эффективности деятельности предприятия требует системного подхода, непрерывного анализа финансовых показателей и принятия мер.*

Ключевые слова: *предприятие, финансовые показатели, управление, устойчивость, производительность.*

Financial performance indicators of an enterprise are measures that are used to assess the financial results and efficiency of an enterprise. They help measure the financial performance, profitability and sustainability of an enterprise, as well as assess its ability to generate profits, use resources efficiently and ensure financial sustainability. Most of the financial indicators of a company's performance can be calculated on the basis of its financial statements; their calculation is part of the financial analysis of the enterprise's activities.

Financial ratios can be divided into several categories depending on the aspects of performance they measure:

- Profitability indicators. These indicators reflect the company's ability to generate profit. They include such indicators as net profit, return on sales, return on assets, return on capital, etc. Profitability indicators allow us to evaluate the efficiency of using the enterprise's resources and its ability to provide profit for owners or investors.

- Profitability indicators. The values of these indicators demonstrate how much profit from the main activities falls on various costs, revenue, etc. Among the profitability

indicators are the profitability of fixed and variable costs, sales profitability, price ratio, production leverage, etc. Profitability makes it possible to evaluate the efficiency of the company's activities and the use of resources.

- Liquidity and solvency indicators. They reflect the financial stability and ability of the enterprise to pay off its obligations. Such indicators include the current liquidity ratio, quick liquidity ratio, absolute liquidity ratio, etc. They allow you to assess the financial readiness of the enterprise to resolve short-term financial obligations.

- Asset turnover indicators. These indicators measure the efficiency of using the enterprise's assets to generate revenue or profit. These include indicators of inventory turnover, accounts receivable turnover, total asset turnover, etc. Turnover indicators allow you to evaluate the effectiveness of asset management and optimization of their use.

- Capital turnover indicators. Their values reflect the efficiency of the company's use of its own and borrowed capital. These include turnover ratios of own, short-term and long-term borrowed funds, etc.

Among other things, based on these indicators, one can draw a conclusion about the level of product sales by the organization.

- Indicators of autonomy. They reflect the level of debt of the enterprise and its ability to pay debts. Such indicators include the financial leverage ratio, interest coverage ratio, total debt to capital, etc. These indicators allow you to assess the financial stability of the enterprise, its ability to manage debts and risk financial obligations.

- Investment efficiency indicators. These indicators reflect the performance of an enterprise's investments and its ability to generate profit on its investments. They include indicators of return on investment, payback ratio, net present value (NPV), internal rate of return (IRR), etc. Investment efficiency indicators allow you to evaluate the profitability and effectiveness of an enterprise's capital investments.

- Business activity indicators. They are inextricably linked with various company turnover indicators. Among the indicators of business activity are resource and capital productivity, the duration of the operating and financial cycles, the business activity ratio, etc. These indicators allow us to assess the overall activity of the enterprise in its industry.

These categories of financial performance indicators are interrelated and form a holistic picture of the financial condition and performance of the enterprise. They help management and stakeholders assess the financial performance, resource efficiency and sustainability of the enterprise. In addition, these indicators can be used to compare with competitors, analyze trends and make decisions to improve the financial results and efficiency of the enterprise.

It is important to note that the choice of specific financial indicators for assessing the performance of an enterprise should be based on its strategy, industry characteristics and assessment purposes. It is also necessary to take into account financial reporting standards and requirements, regulatory authorities and accepted industry practices.

To obtain a more accurate picture of the company's financial condition, it is advisable to compare its performance indicators with standard and industry average values, as well as with calculated minimum acceptable values for certain indicators. This will allow you to assess the weaknesses of the organization in the context of the economics of enterprises as a whole and the sphere

its activities in particular.

Financial analysis of an enterprise's activities, on the basis of which conclusions are drawn about the need to improve its efficiency in this area, in addition to the calculation and analysis of performance indicators, also includes an analysis of the structure and dynamics of various indicators in its reporting forms (balance sheet, financial results statement, cash flow statement), analysis of the life cycle stage, analysis of the probability of bankruptcy according to various models, etc. In addition, the financial analysis should always be preceded by a brief summary of the company, its features and current market position.

After conducting a financial analysis of the enterprise's activities and identifying its financial problems, company managers make decisions on the directions and methods of increasing its financial efficiency.

One method of improving performance based on financial performance is to improve operational efficiency. This can be achieved by optimizing costs, improving inventory management, reducing production and transportation costs, and increasing the efficiency of business processes. For example, an enterprise may consider the possibility of automating processes, introducing new technologies, or improving the quality management system.

Another method of improving performance based on financial indicators is to improve management reporting and data analysis. An enterprise can develop more detailed financial statements that include various performance indicators and use them to monitor and control financial performance. Data analysis can identify trends, anomalies, and potential problems so that appropriate action can be taken to improve performance.

An equally important method of increasing efficiency is budget management. The development and strict adherence to a budget plan allows you to control expenses, plan income and resources, and ensure the financial stability of the enterprise. Budget performance monitoring and variance analysis help identify problem areas and take action to improve them.

Another important method is the analysis of the profitability of the enterprise. By analyzing financial indicators such as profit, return on assets, return on sales, you can determine how successfully an enterprise uses its resources and generates profit. Identifying ineffective areas allows you to focus efforts on improving them, for example, by reducing costs or increasing revenue.

Wealth and investment management also plays an important role in improving efficiency. Rational distribution of capital between various projects and investments helps optimize profitability and risk. Analysis of investment projects and assessment of their expected financial indicators allow us to make informed decisions and choose the most promising directions for the development of the enterprise.

It should be noted that improving efficiency based on financial indicators is a continuous process. The business environment is constantly changing, and the enterprise must be ready to adapt and innovate. It is necessary to constantly evaluate your financial performance, compare it with competitors and industry standards, and actively work to improve it.

Thus, increasing the efficiency of an enterprise based on its financial indicators requires a systematic approach, continuous analysis and adoption of measures. Budget management, profitability analysis, capital and debt management, monitoring and analysis of financial data - all these methods help an enterprise optimize its financial activities and achieve its financial goals.

References / Список литературы

1. *Мокий М.С. Экономика фирмы: учебник и практикум для вузов* / М.С. Мокий, О.В. Азоева, В.С. Ивановский; под редакцией М.С. Мокия. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 297 с.
2. *Друкер Питер* Практика менеджмента (пер. с англ. И. Веригина) / Питер Друкер – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2015. – 416 с.
3. *Портер Майкл* Конкурентное преимущество: как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость (пер. с англ. Ё. Калинина) / Майкл Портер – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 715 с.

ANALYSIS OF GLOBAL EXPERIENCE IN CREATING REFERENCE CENTERS

Korobchuk A.B. (Russian Federation)

*Korobchuk Alexey Borisovich – DBA student,
RUSSIAN ACADEMY OF NATIONAL ECONOMY AND PUBLIC ADMINISTRATION UNDER THE
PRESIDENT OF THE RUSSIAN FEDERATION,
MOSCOW*

Abstract: *annotation. The article examines the European experience of creating centers for collective work of doctors with the aim of minimizing territorial inequality in access to medical care by revising the geographical distribution of oncologists. The functions of reference centers are given.*

Keywords: *reference center, medicine, management, diagnostics, training.*

АНАЛИЗ МИРОВОГО ОПЫТА СОЗДАНИЯ РЕФЕРЕНС- ЦЕНТРОВ

Коробчук А.Б. (Российская Федерация)

*Коробчук Алексей Борисович — слушатель DBA,
Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте
Российской Федерации,
г. Москва*

Аннотация: *в статье рассмотрен европейский опыт создания центров коллективной работы врачей с целью минимизация территориального неравенства в доступе к медицинской помощи путем пересмотра географического распределения онкологов. Даны функции референсных центров.*

Ключевые слова: *референсный центр, медицина, управления, диагностика, обучение.*

European experience - France. By the beginning of the 2000s. The shortage of oncologists and the heterogeneity of medical practice patterns have led to inequalities in the provision of cancer care between different regions of France.

The French Health Policy Act, adopted on August 9, 2004, initiated fundamental changes in the internal structure of the health care system at the national and regional levels [1]. The law provided for the implementation of five National Plans, one of which was the National Cancer Control Plan. The main strategic goal of the Plan was to promote teamwork and minimize spatial disparities in access to care by reviewing the geographic distribution of oncologists. French administrative regions have been advised to review the distribution of cancer treatment services to ensure equal access to cancer treatment for all citizens, regardless of where they live.

In 2009, as part of the Second National Cancer Control Plan, INCa initiated the creation of 17 national cancer clinical centers based on a reference approach [2]. Selected reference centers, based on the experience of highly specialized medical teams with interdisciplinary competencies, accumulated expertise in rare diseases. Each national center coordinated the work of regional or interregional centers. Four pathology reference centers complemented the system of national cancer centers.

Reference centers provided diagnosis of diseases, determined therapeutic strategies, compiled and disseminated care protocols, coordinated research activities, and trained specialists. The National Cancer Control Plan emphasized the importance of close interdisciplinary collaboration. Effective coordination of all health care providers was essential to promote high-quality services to all cancer patients, regardless of location.

One of the reference centers, created in 2009, was the Institut Régional fédératif du cancer en Franche-Comté (IRFC-FC, the federal regional cancer institute of Franche-Comté), which serves as a regional oncological reference center for the region of Franche-Comté (administrative region in eastern France with a population of about 1.2 million people).

Before the establishment of IRFC-FC, eight peripheral hospitals provided cancer treatment in the region. These hospitals were completely independent - patients were treated at the discretion of local doctors, who did not always specialize in oncology. IRFC-FC has introduced a new system of cancer care throughout the region [3]:

- A mobile oncology group was created on the basis of the reference center, which regularly visited each interregional center to provide services for the examination of diagnosed diagnoses;

- Interdisciplinary teams were created at the reference center to help local doctors make decisions on patient treatment strategies;

- A regional patient database (“Dossier Communicant Cancer”) was created, containing all individual data on cancer patients and providing doctors with access to the data, regardless of where the patient is diagnosed and treated;

- In order to standardize cancer care, a regional application for chemotherapy administration was developed based on the general chemotherapy management guide (Bonnes Pratiques de Chimiothérapie software).

In 2013, France had 131 national reference centers for rare diseases, linked to a network of 500 regional centers (centres de compétences maladies rares) that facilitate the provision of specialized care and advice to patients “on site”.

The key functions of French reference centers are:

- coordination and structuring of activities between national and regional centers, technical platforms (for genetic diagnosis, medical imaging and functional testing) or any other structures involved in the treatment of patients suffering from a rare disease;

- examination of complex cases;

- providing highly specialized care for patients in difficult situations;

- participation in international scientific research;

- educational activities.

Network of European Reference Centers [4].

The AIM (International Association of Mutual Benefit Societies) report, released in 2000, predicted the emergence of large centers of excellence, specialized in narrow areas and providing treatment without geographical reference to a specific region of residence of patients. In 2006, the RDTF (Rare Diseases Task Force) report shifted its focus from the “physical movement of patients” to the “movement of knowledge and expertise” that would be accumulated in “centers of excellence” (the original name of reference centers).

In March 2011, the European Commission adopted Directives

and 2011/24/EU on the application of patients’ rights in cross-border healthcare (EU Directive on Patients’ Rights in Crossborder Healthcare). The Directive was to develop solutions to promote the development of European centers of excellence in the treatment of rare or complex diseases.

In March 2017, the first reference centers were launched in Europe. At the initial stage, the network of reference centers (ERN - European Reference Networks) consisted of more than 900 highly specialized medical institutions located in 313 hospitals in 25 EU Member States (plus Norway).

The main purpose of establishing reference centers was to reduce the time to diagnose diseases, reduce the number of inappropriate tests, increase the accuracy of diagnoses and develop new viable treatments.

ERNs are virtual networks of healthcare professionals across Europe, bringing together the experience and competencies of the most highly qualified teams of doctors. The ERN promotes maximum interaction between EU countries in the diagnosis and treatment of rare and complex diseases that require the concentration of highly specialized knowledge and resources.

ERN is based on existing clinical and research institutes that successfully implement the diagnosis and treatment of rare diseases.

The treating physician remains responsible for their patient, but can connect to the ERN and gain access to the best expert knowledge that will help adjust the chosen treatment strategy.

In order to verify the diagnosis and confirm the patient's treatment regimen, ERN coordinators conduct "virtual" consultations with medical specialists in various disciplines, using a dedicated IT platform (eHealth) and various telemedicine tools (telepathology, teleradiology, etc.).

As part of its activities, ERN strives to improve the standards of diagnosis and treatment of diseases, to strengthen the coordination of work in all medical institutions in Europe. Network institutions provide a platform for the development and development of diagnostic algorithms and treatment regimens. The centers are in constant contact with hospitals in order to identify the most effective treatment: they develop new recommendations and analyze the results of their implementation, create registries of best practices and unique cohorts, and participate in research. By collecting a large pool of data and providing access to a knowledge base, the ERN provides incentives for manufacturers to develop new drugs to treat rare diseases.

In addition, ERN conducts educational activities to improve public and professional awareness of rare diseases, thereby increasing the likelihood of early and accurate diagnosis. ERN specialists organize open training courses and programs, as well as conduct working visits to regional reference centers.

The network aims to develop a referral system that would provide treatment to at least 75% of all cancer patients in the EU.

Most multidisciplinary centers require multiple consultations during a single patient visit. The MDC approach is based on constant interaction between medical professionals and coordination of their efforts, which is usually implemented through a council in which doctors from different specialties gather to review and discuss the next steps in treating the patient.

In the usual case, the patient is forced to receive sequential, rather than parallel, consultations with doctors, which often leads to inconsistent and contradictory treatment regimens. In MDC, on the contrary, the patient is at the center of decision making. This allows the team to make coordinated decisions and reduces the likelihood of duplicative tests and/or conflicting plans of care.

For example, at the Sunnybrook Odette Multidisciplinary Center (Toronto, Canada), all patients are seen by physicians from the medical and surgical oncology departments on the same initial visit. In addition, they are visited by the same nurses, which ensures a high level of continuity of care. Each patient undergoes a multidisciplinary discussion, which may include presentations from the Endocrinology, Diagnostic Radiology and Interventional Radiology teams, to develop a comprehensive, individualized treatment plan. Treatment recommendations are always communicated and discussed with the attending physician.

If the patient cannot be transported to the clinic, the MDC provides telemedicine consultations, developing treatment plans that can be adapted at the patient's medical facility.

References / Список литературы

1. Доклад «Система здравоохранения во Франции» [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.gipspsi.org
2. «Building European Reference Networks in Health Care. Exploring concepts and national practices in the European Union», The European Observatory on Health Systems and Policies, World Health Organization, 2013
3. Organizing medical oncology care at a regional level and its subsequent impact on the quality of early breast cancer management: a before-after study, BMC Health Services Research, 28.07.2014

ASSESSMENT OF ECONOMIC POTENTIAL DEVELOPMENT

Polikarpov S.V. (Russian Federation)

*Polikarpov Sergey Vladimirovich – DBA student,
RUSSIAN ACADEMY OF NATIONAL ECONOMY AND PUBLIC ADMINISTRATION UNDER THE
PRESIDENT OF THE RUSSIAN FEDERATION,
MOSCOW*

Abstract: *the article analyzes the key factors of the economic potential of St. Petersburg: traffic flow, cash income and expenses of the population, education, culture, and healthcare. Conclusions are presented for each direction. Measures are proposed to improve the main factors of economic potential.*

Keywords: *region, potential, economy, management, infrastructure.*

ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

Поликарпов С.В. (Российская Федерация)

*Поликарпов Сергей Владимирович — слушатель DBA,
Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте
Российской Федерации,
г. Москва*

Аннотация: *в статье проведен анализ ключевых факторов экономического потенциала Санкт-Петербурга: транспортного потока, денежных доходов и расходов населения, образования, культуры и здравоохранения. По каждому направлению представлены выводы. Предложены мероприятия по улучшению основных факторов экономического потенциала.*

Ключевые слова: *регион, потенциал, экономика, управление, инфраструктура.*

Let's analyze the economic potential of St. Petersburg. St. Petersburg is a major transport hub for trade with European countries. Both railway tracks and sea routes pass through the city. Accordingly, active international trade passes through the city [1].

The main share of trade is with European countries, but trade is also carried out with the CIS countries. The data is shown in the table.

The largest share of trade accounted for the Netherlands, as well as the USA, Great Britain, and China.

Imports of goods occurred mainly from China, Germany, and Korea.

In terms of the structure of exports and imports, St. Petersburg is an active foreign trade exporter of mineral products (oil exports via pipelines), machinery and equipment. Imports account for the bulk of international supplies of machinery and equipment, food products, and chemical products.

If we study imports and exports in more detail without taking into account exports, it is worth noting that St. Petersburg is a supplier of elevators, paints and varnishes, metal-cutting machines, confectionery, cereals, flour, canned fish, margarine, radio equipment and cars for other regions of the Russian Federation. In terms of investments, there is a decrease in the volume of investments in 2019–2020.

Most of the investment is made from private funds, mainly due to the fact that the share of foreign investment is decreasing, while the share of government investment is unchanged. It is worth noting the low share of funds raised from credit institutions - the share is only

8.4%, which indicates the unavailability of credit for organizations. In budget financing, it is worth noting that most of the funds are provided from the budget of the constituent entity of the Russian Federation [2].

The main share of investments falls on transportation and storage, real estate transactions, and manufacturing.

Also, the structure of transport flow allows us to identify the region's relationships with other countries and regions. Passenger turnover data shows the following distribution: 5% of the population arrives from neighboring regions, 4% from international traffic.

Thus, St. Petersburg is a major platform in the Russian Federation for foreign trade with European countries. St. Petersburg is also an active exporter of passenger cars to both domestic and foreign markets.

The main goal of development is to increase the standard of living of the population, in which economic growth is only one of the conditions for achieving the goal. Therefore, assessing the standard of living of the population and identifying problems and growth areas is one of the key points of economic analysis [3].

Cash income and expenses of the population. Real cash incomes of the population are increasing. The average growth rate is 1.15% for 2016-2021. According to the structure of the population's monetary income, the main part is made up of wages of hired workers. The main contribution to the growth of real cash incomes comes from rising wages, but social benefits and income from property are also growing.

However, as the structure of the use of cash income of the population shows, the income received is not enough to live on and to create savings. The exception is 2020, where the pandemic limited the ability to use income. This shows that the share of entertainment in the structure of spending by residents of St. Petersburg was only 9.6%, and the bulk of consumer spending actually went on necessary things.

The inability of the population to form savings is a critical problem when assessing the standard of living of the population. Let's look at which industries have the lowest wages. The greatest deviation is observed in the sectors of the hotel business, agriculture, real estate, construction, and trade. And trade and real estate transactions are key sectors of the GRP of St. Petersburg. The average monthly salary is 68 thousand rubles.

The average pension is 16 thousand rubles. The average pension is 80% higher than the minimum subsistence level. The cost of living is 11.5 thousand rubles.

Among the negative trends: the share of expenses for the purchase of non-food products and food is decreasing, the share of expenses for taxes and fees is growing. On the positive side, the share of expenses for services increased slightly.

For the main categories of food products, purchasing power has not decreased critically (either remained at the same level, or increased, or decreased by less than 1%). Consumption in the main categories of goods also remained at the same level or increased. The cost of the minimum set of food products also did not increase significantly - from 2015 to 2020 it remained at the level of 4200–4900 rubles per month.

Non-food items also did not see strong growth in most categories. The exception is the school supplies category, where prices increased by 160% from 2015 to 2020.

Of the services, there was also no strong increase in the cost of private services; most of them even became cheaper (for example, the cost of staying in a hotel increased by only 21%. But for public services, contributions for capital increased significantly repairs (163% from 2015 to 2020), other services grew in cost at an average rate. The share of transport and medical services to the population has increased.

Housing and construction. From 2016 to 2021 the cost of 1 sq. m of housing increased in new buildings by 44% from 93 thousand rubles. up to 133 thousand rubles, in secondary houses by 61% from 82 thousand rubles. up to 133 thousand rubles. The average salary increased by 55% from 44 thousand rubles. up to 68.5 thousand rubles. The availability of secondary housing has thus decreased significantly; in general, the cost of secondary housing has become equal to that of new buildings.

The volume of new housing starts remained relatively stable from 2016 to 2021.

At the same time, the average housing area is gradually decreasing. More one-room apartments are being built (68%), the share of two-room apartments is decreasing.

Thus, we can say that housing affordability for the population is decreasing. The price of housing is rising, the area is decreasing. The decline in the construction of apartments with more than one room makes it more difficult to create a family with children.

There is no single trend regarding the commissioning of social infrastructure facilities; it has changed from year to year.

Education. The number of organizations carrying out educational activities under educational programs of preschool education, child care and supervision is gradually increasing from 1185 in 2015 to 1224 in 2020, as well as the number of organizations carrying out educational activities under educational programs of primary, basic and secondary general education from 745 up to 770. However, there are still not enough such organizations - there are 113 students per 100 places in 2020.

The number of vocational education and training organizations increased significantly - from 64 in 2015 to 112 in 2020, which indicated an increase in the availability of secondary vocational education.

But the number of universities has decreased - from 83 in 2015 to 68 in 2020. This means that the availability/quality of higher education has decreased. At the same time, the flow of admission and graduation of specialists does not change and remains at the same level. A corresponding trend is observed in data on the graduation of specialists.

In terms of the availability of educational tools, a positive trend can be noted - the number of personal computers per 1000 people increased from 108 in 2015 to 137 in 2020.

Among university graduates, the majority are graduates in the humanities: economists, lawyers, teachers. The direction of IT and technology in construction has become more popular. 61% of graduates complete a bachelor's degree, 26% also receive a master's degree. Almost 50% of students study at the expense of budget funds.

Thus, the key directions in education are: increasing the availability of preschool educational institutions, improving the quality of education in universities and increasing the production of specialists with practically applicable technical education.

Healthcare. The main health indicators are shown in the table. It is worth noting that despite the general increase in the accessibility of hospital organizations for the population, the availability of certain specializations has decreased: therapeutic, surgical, gynecological profiles.

The supply of doctors and paramedical personnel to the population has also increased.

Thus, in healthcare, the key remains to maintain the availability of medicine and increase the availability of therapists and surgeons for the population.

Culture. Key indicators on cultural infrastructure show that the number of theaters has decreased. The number of museums, libraries, and leisure organizations remained at a stable level. The number of sanatoriums has increased, the number of organizations for children's recreation has decreased. The number of hotels and sports facilities has increased significantly. Thus, in the field of culture, the development of children's recreation organizations is a priority.

In general, in terms of the standard of living of the population, it is worth noting that it remained at a stable level, there were no sharp improvements or declines. On the other hand, in some areas the standard of living has deteriorated. The availability of housing for purchase has decreased, and the share of government spending has increased. goods and services, taxes, there is a shortage of kindergartens and a reduction in the number of universities. In the field of healthcare, it is necessary to restore the availability of surgeons and therapists for the population, and in the field of culture, the availability of children's recreation organizations.

1. Андрейковец И.Н., Кудряшов В.С., Шматко А.Д. Формирование инновационных кластеров: анализ существующего опыта и перспективы // Журнал правовых и экономических исследований, 2012. №1. С. 168–171
2. Кудряшов В.С., Черемилло С.В. Особенности и тенденции развития ипотечного кредитования в России // Инвестиции в России, 2016. №8. С. 36-40.
3. Пак Х.С., Пак К.Р., Куприн А.А. Проблемы оценки социальных инвестиций субъектов предпринимательской деятельности //Транспортное дело России. 2016. №2. С. 68–69.

BUSINESS PLANNING IN THE STRUCTURE OF THE ENTERPRISE'S STRATEGIC DEVELOPMENT PLAN

Ryabov A.A. (Russian Federation)

*Ryabov Alexander Alexandrovich – DBA student,
RUSSIAN ACADEMY OF NATIONAL ECONOMY AND PUBLIC ADMINISTRATION UNDER THE
PRESIDENT OF THE RUSSIAN FEDERATION,
MOSCOW*

Abstract: *the article discusses the key aspects of developing a business plan for an enterprise. It is analyzed that strategy is an important tool in management and business in general. It determines the long-term goals and objectives of the company and allows you to choose the most effective methods for achieving them. Conclusions are drawn that the correct development and implementation of strategies helps improve business efficiency and ensures its sustainability and long-term development.*

Keywords: *business plan, enterprise, development, strategy, efficiency, sustainability.*

БИЗНЕС-ПЛАНИРОВАНИЕ В СТРУКТУРЕ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНА РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Рябов А.А. (Российская Федерация)

*Рябов Александр Александрович — слушатель DBA,
Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте
Российской Федерации,
г. Москва*

Аннотация: *в статье рассматриваются ключевые аспекты разработки бизнес-плана предприятия. Проанализировано, что стратегия является важным инструментом в управлении и бизнесе в целом. Она определяет долгосрочные цели и задачи компании и позволяет выбрать наиболее эффективные методы их достижения. Сделаны выводы о том, что правильная разработка и реализация стратегий способствует повышению эффективности бизнеса и обеспечивает его устойчивость и долгосрочное развитие.*

Ключевые слова: *бизнес-план, предприятие, развитие, стратегия, эффективность, устойчивость.*

Defining specific goals and targets, choosing effective means to achieve them - all this is the key to successful planning in various areas. Success in planning is guaranteed to those who understand what steps need to be taken to achieve their goals.

Business planning is a derivative of project activities and evaluates its effectiveness. It includes the development of an entrepreneurial strategy, the formation of implementation stages and evaluation of results, as well as attracting resources to achieve the company's strategic goals. At the same time, the business plan implements operational measures to achieve strategic goals [1].

The document, known as a business plan, contains a detailed description of all aspects of the business, analyzes the main problems that an entrepreneur may face, and determines how to solve them. This document is an official expression of the intentions and prospects for the development of the company and is recommended to be drawn up for a period of 3-5 years, preferably with the participation of the director.

The business plan presents the main indicators monthly for the first year, quarterly for the second year and annually for the third and subsequent years. The structure and content of the business plan depend on the size and type of activity of the company.

A business plan is an important tool that requires careful preparation and effective use. It can be developed by various participants such as managers, stewards, companies, consulting organizations or business groups. This document, which perfectly describes the development strategy of a large company, makes it possible not only to find potential partners and investors, but also to determine the direction of further development [2].

In modern practice, a business plan has various objectives, one of which is the ability to use the plan to develop a business strategy. It is especially important to note that this activity plays a key role in the early stages of company creation and in identifying new areas of activity. Planning is also an important function of the business plan, since it allows the company to assess and monitor the development potential of new areas of activity [3].

In addition, creating a business plan with the participation of all employees will allow them to increase awareness of future activities, coordinate efforts and create motivation to achieve their goals. As a result, the business plan becomes an indispensable tool for the effective management and development of the company. According to researchers, the participation of employees in the process of drawing up a business plan helps to increase their awareness and requires joint efforts to achieve set goals.

In the fields of information technology and medicine, for example, in the United States, it has become common practice to use business plans to achieve various goals, such as changing the ownership of a company, obtaining loans or attracting investments. Mutual funds, hedge funds and business angels have contributed significantly to the development of high-tech companies in this sector. Giants such as Intel, Microsoft and Apple entered the market thanks to the design of their enterprises [4].

In contrast to international experience, zoning practices such as business plans are rarely used in the official policies of Russian commercial organizations. This lack of clear planning leads to inconsistent decisions by owners and limits the ability to effectively manage the business.

However, it is worth noting that design plays an important role in achieving success in any field of activity. A business plan is an important tool for organizing a business and contributes to the achievement of set goals. Due to the lack of widespread Russian planning practices, effective management of commercial enterprises is becoming increasingly difficult.

The goal of the future Russian business plan is to attract partners and investors, as well as ensure strategic planning and development of new areas of activity. The only decisive factor when obtaining a loan is the presence of a clear business plan since this process is becoming increasingly complex. Creating motivation to achieve common goals and coordinating efforts and responsibilities are also important elements.

ents in the implementation of the business plan. After preparing the quarterly balance sheet, you can identify any errors and losses that need to be corrected to move the company forward [5].

Business planning is an integral part of the work of all organizations, regardless of their size and nature of activity. In the case of small enterprises with a stable business, planning may be less formal and limited to a review of key aspects of the activity. However, as the size of

the company grows or the business environment changes, the design process becomes more formal, complex and extensive. As part of this process, more and more employees are actively involved in planning various aspects of the company's business.

Drawing up a business plan involves planning the company's activities for different periods of time, both near and far. The main purpose of drawing up a plan is to ensure the efficiency and success of the company. However, in addition to the main goal, there are other tasks that may be important when planning [5].

One of these goals is social objectives, which also play an important role when drawing up a business plan. These goals cover a wide range of aspects, such as improving general well-being, overcoming shortages of goods and services, preserving the environmental situation, creating new cultural values and developing scientific and technological potential. In addition, social goals also include improving the psychological climate and expanding business contacts and international relations.

Another important goal when preparing a business plan is to improve the position of the entrepreneur. To achieve this goal, it is necessary to develop and strengthen the economic potential of the entrepreneur. Important factors in this process are production potential, financial resources, technical potential, scientific and educational resources, as well as intellectual resources. These factors are necessary for the successful implementation of entrepreneurial activities and improvement of the entrepreneur's position. Taking these considerations into account is essential to achieving your goals and creating a sustainable business.

Developing contacts, traveling abroad, joining associations and other activities can also be included in preparing a business plan to achieve specific goals and objectives.

It should be noted that there are two main approaches to drawing up a business plan. One of them assumes that the project initiators independently develop a business plan, but always with the head of the company and receive advice from experts, including potential investors. Foreign banks and mutual funds widely practice this approach, refusing to consider applications for financing without the participation and advice of the manager.

Based on foreign practice, it can be argued that this approach is better. This approach to developing a business plan requires the active participation of not only its authors, but also sponsors who have the necessary knowledge about the credit market, the availability of available funds and the risks associated with this business [6].

When drawing up a business plan, a different approach is proposed, in which the writers of the business plan can act as clients. In this case, the development of a business plan is entrusted to specialized companies, marketing teams and individual agents. If necessary, consulting firms and experts will also be involved.

Harmonizing the interests and conditions of all these parties will be a key element in the process of drawing up a business plan [7].

Drawing up business plans for modern organizations requires considering their specific requirements and characteristics. Depending on the type of organization, design can be a complex process.

Organizations with a single center, consisting of one enterprise, can draw up action plans for each enterprise separately. This simplifies the planning process since it is necessary to consider the characteristics of only one company.

However, in the case of a multi-business organization with two or more companies, separate plans must be drawn up for each company and combined into a joint business plan. This is due to the need to consider the specific requirements and characteristics of each company, as well as the need to create consistent goals and strategies for the entire organization.

When preparing a business plan for a start-up enterprise, the main attention is paid to the calculated indicators. Reporting data for the previous year can be used for comparison with planned indicators. This allows you to evaluate the potential efficiency and success of the proposed business.

The most complex business plan is designed for organizations that require significant investment and external financing. In this case, special attention should be paid to the description and characteristics of the investment project. The business plan then describes other aspects of the project, such as marketing strategy, organizational structure and financial forecasts. All these sections must be carefully compiled and supported by appropriate calculations and analyzes to attract external funding and investors.

An important part of the business plan is to assess the financial condition of the company and the compliance of available resources with the goals set. At the same time, it is necessary to take into account any difficulties and pitfalls that may arise in the process of implementing the business plan. Thus, an entrepreneur can prepare for unforeseen situations and take the necessary measures to overcome them [8].

In the modern economy, investments play a significant role in achieving the material well-being of a country, region or company in a given industry. Investments are the result of past investments that contribute to the current level of development. However, they also have long-term consequences in terms of financial, economic performance and productivity levels. Constant research into investment processes helps us better understand their economic significance at various levels of implementation.

Investing is making financial investments in promising projects in order to maximize profits or achieve other interests of the investor, including environmental or social projects. From a financial point of view, investments are assets that generate income. From an economic point of view, investments include the costs of developing, restructuring, and improving physical assets, as well as changes in working capital associated with these processes.

In the theory and practice of an investment project, the organization of financial, material, and human resources will be carried out primarily to complete certain tasks within a predetermined time frame, considering certain financial and positive changes that correspond to all established parameters.

There is no doubt that the structure and presentation of a business plan is important because it helps create a strong impression on potential investors or lenders, helping them understand the project and decide about financing it. A business plan is an integral part of successful entrepreneurship in general. This gives the entrepreneur the opportunity to identify key aspects of his activities, develop strategies and tactics to achieve his goals, and analyze financial stability and potential risks [9].

It is important to note that a business plan is not only a tool for attracting investment, but also the basis for managing a company in the future. This provides an opportunity for systematic analysis of business and its management and allows you to anticipate and plan possible changes and challenges from the external environment.

In general, we can conclude that strategy is an important tool in management and business in general. It determines the long-term goals and objectives of the company and allows you to choose the most effective methods for achieving them. Correct development and implementation of strategies helps to increase business efficiency and ensures its sustainability and long-term development.

References / Список литературы

1. Королева А.С., Юмашева Е.В. Оптимизация стратегического развития промышленных предприятий // Современные тенденции развития науки и техники. - 2021. – №2. - с. 54.
2. Коротков А.И., Шамилева Е.Е. Основные меры по совершенствованию стратегии развития в современных экономических условиях // Инновационная наука. – 2022. – № 5. – с. 140.
3. Новиков В.С. Управление и оптимизация работы компании. В сборнике: Сборник научных трудов. Под редакцией Ермоленко А.А. Краснодар, 2020. - С. 181.

4. Овчинникова Е.В., Горюшкина Е.В., Яшина О.А., Маркина М.В. Разработка стратегий повышения эффективности производственных систем. // В книге: инновации в науке, производстве и образовании, материалы научно-практической конференции. Ответственные редакторы: Гаврилов К. Н., Степанов В. А., 2020. - с. 189.
5. Погорельцева Л.В. Современные направления повышения стратегического развития предприятия на современном этапе / Л.В. Погорельцева // Символ науки. - 2022. - Том 1. - № 2. - с. 101.
6. Томпсон А. А., Стрикленд А. Дж. III. Стратегический менеджмент: концепции и ситуации для анализа. - М.: Уильямс, 2018, с. 69.
7. Федорова Е.А., Болдырева Р.Ю. Модернизация инструментов стратегического планирования. // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. - 2020. - № 2. - с. 202.
8. Фомичев А. Н. Стратегический менеджмент. М.: Дашков и К. – 2020, с. 32.
9. Рыбченко С.А. Формирование стратегий брендинга на международном рынке [Текст] / С.А. Рыбченко. - Ульяновск: УлГТУ, 2020, с. 84.

MODELS OF AGRI TOURISM DEVELOPMENT ABROAD Chuprygin V.P. (Russian Federation)

*Chuprygin Viktor Pavlovich – DBA student,
RUSSIAN ACADEMY OF NATIONAL ECONOMY AND PUBLIC ADMINISTRATION UNDER THE
PRESIDENT OF THE RUSSIAN FEDERATION,
MOSCOW*

Abstract: *the article examines the world experience in the development of ecological tourism. It is concluded that the implementation of any model requires systemic government support for agrotourism farms and agrotourism as a service sector; regulatory, legal and information support for the promotion of agritourism products at the regional and national levels; organization of agrotourism associations and IT resources with databases to create an agritourism market on a state scale and financial support.*

Keywords: *agrotourism, ecology, rural recreation, development, management.*

МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ АГРОТУРИЗМА ЗА РУБЕЖОМ Чупрыгин В.П. (Российская Федерация)

*Чупрыгин Виктор Павлович - слушатель DBA,
Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте
Российской Федерации,
г. Москва*

Аннотация: *в статье исследованы мировой опыт развития экологического туризма. Сделаны выводы о том, что для реализации любой модели необходимы системная государственная поддержка агротуристических хозяйств и агротуризма как сектора сферы услуг; нормативно-правовое и информационное обеспечение продвижения агротуристического продукта на региональном и национальном уровнях; организация агротуристических объединений и ИТ-ресурсов с базами данных для создания рынка агротуризма в масштабах государства и финансовая поддержка.*

Ключевые слова: *агротуризм, экология, сельский отдых, развитие, управление.*

Agritourism is one of the areas of ecotourism, which involves immersion in a rural lifestyle, and not just a vacation associated with the contemplation of natural landscapes without a negative impact on the environment. Initially, agritourism was intended for domestic tourism and only at a certain stage of development became attractive to foreigners. The reason for turning to agritourism in Western European countries was the crisis of the European agricultural model, when, because of the introduction of quotas and the active development of the urban environment, agriculture began to lose its attractiveness, and farmers had to look for new sources of income [1].

In turn, for tourists, rural holidays have become the most attractive alternative to traditional beach holidays. Increasing production loads, the ever-accelerating pace of urban life, and the popularization of natural recreation and organic nutrition played a big role in this.

Agrotourism models in different geographical regions have their own characteristics. Thus, the Anglo-American model is practiced in the UK, USA and Canada. The prerequisites for its development were the active construction of roads in the post-war period, which is why the main consumers of this model were motor tourists. The first organization for city residents who wanted to help in agriculture was the Working Weekends on Organic Farms (WWOOF) organization, founded in 1971 in England.

The British model of agritourism organization is of interest due to its special types of accommodation for tourists. The most popular are three relatively cheap accommodation options: farmhouse accommodation with breakfast only (B&B); in a separate small building, on a self-catering basis and in a large isolated converted outbuilding with a sleeping area with beds, a kitchen, bathrooms and designed for 8-15 tourists (bunkhouse).

In parallel to these types of accommodation, in a few areas of the UK, rural VIP tourism has developed, aimed at the wealthy population, offering accommodation in old manors that have undergone complete reconstruction, and newly built mini-hotels or houses in a traditional English style.

In the United States, the most popular destinations for agritourism are the states of California, Colorado, Hawaii, Montana, North Carolina, Pennsylvania, Vermont, Virginia and Wyoming. Travelers can choose between fruit picking, wine and cheese tasting, horseback riding, fine dining of local cuisine and much more. The cost of living on a farm can be reduced if a tourist expresses a desire to do simple housework for a couple of hours a day.

A distinctive tradition of American agritourism is state fairs, offering agricultural expositions, concerts, parades, and carnivals that are accessible to the masses. Some of these fairs last for 3-4 weeks and receive several million visitors from all over the world. To help tourists, there are such large resources as FarmStay U.S and agritourismworld.com, where you can find all the necessary information on agritourism holidays. There are no federal laws regulating the development of regional agro- and ecotourism in the United States; this responsibility lies with the enterprises themselves and tour operators who provide marketing and promotion.

The Western European model of agritourism emerged against the backdrop of the agricultural crisis, as an addition to agricultural activity, helping to avoid degradation and depopulation of the rural sector. The leadership of the European Union has created Worldwide Opportunities on Organic Farms (WWOOF) - a set of international agritourism programs that are designed to combine tourism with ecological organic agriculture. The formation of a new form of tourism took place in waves and non-simultaneously in all countries; in a few countries (Austria, Italy, France) rural tourism existed for a long time without government support.

The European countries of the "first wave", which proclaimed the transition to the development of agritourism in the 80s, implemented two types of programs: state and supranational, aimed at developing the tourism sector in the political, financial, organizational, legal, and information spheres. Despite the common features of agritourism in Western European countries, each of them can offer something special, characteristic only of it.

The tradition of welcoming tourists to Austrian farms dates back more than a century, helped by well-developed agriculture and world-famous alpine landscapes. Currently in

Austria there are over 3,400 farms offering rural recreation services. Today, the main directions of agritourism are ecological and children's recreation, recreation on grape and horse farms, recreation for people with disabilities, and recreation on farms in the format of a healthy diet using organic products. The organization "Urlaub am Bauernhof", uniting 2800 farms in 8 states of Austria, will provide any information regarding accommodation, cultural life, attractions, sports, barrier-free environment, and offer many related recreation options [2].

A distinctive feature of agritourism in France is the diversity of regions, the combination of several types of recreation and personal preparation of food from environmentally friendly rural products. Tourists can be accommodated in farms, villas, apartments, chalets, fishermen's houses, cottage villages in the coastal zone, and small home hotels. Moreover, only a third of the owners of agricultural estates are farmers, the rest belong to citizens and tourism companies. The most famous regions of agritourism are Brittany, the Loire Valley, Provence, Bordeaux, the reserves of the Cevennes, Vanoise, and the Pyrenees. The forms of recreation are very diverse: fishing, tours of landmarks and castles, excursions to wineries and cheese factories, horseback riding, ecotourism to mountain parks and reserves.

Tourism and holidays in the villages and farms of Italy were popular throughout the 20th century. There are three areas of agritourism: gastronomic (in agricultural farms specializing in a certain type of product), health (rural settlements in resort areas and national parks) and sports (specialized sports facilities in rural areas). The most famous regions are Tuscany (25% of all farms), Sicily, Sardinia, Calabria, Pisa, and the area around Milan.

Agritourism has reached the highest level of development in Spain, where the total number of rural hotels, farms and villas is more than ten thousand. A distinctive feature of this area of tourism is the combination of traveling through agricultural regions with relaxation on the seashore and getting to know the culture and way of life of the country through participation in traditional festivities and festivals. In addition to rural hotels, farms, villas and ancient mansions, the following options are available in Spain: "casa rurales" - renting out only part of a rural house for the summer; "Refugio" and "Fonda" are very budget accommodation options with a minimum of amenities [3].

In Germany, small businesses in rural tourism are supported by the Ministry of Agriculture. A prerequisite is a careful attitude towards traditional crafts and maintaining the skills of running a farmstead. German agritourism estates are united by today's largest resource landtourismus.de, which presents all types of rural housing. Among German regions, the Rhine Valley is considered particularly attractive, famous for its winemaking, ancient castles and various museums. The choice of accommodation is simply huge: horse farms, eco-estates, houses with various types of baths, rural houses for cyclists, skiers and newlyweds, country sports centers. Tourists are offered courses in tractor driving, making salted bagels, the basics of organic cultivation, healthy cooking, gardening, contemplation, and meditation. Agrotourism in Germany is closely connected with events: many national holidays, folklore festivals and country fairs attract a large number of tourists from different countries.

The European countries of the "second wave" include recognized leaders of the tourism industry, for whom it was important to reorganize the industry itself, reduce the environmental load in traditional holiday destinations and switch tourist flows from the coast to inland areas. First, these are Greece and Cyprus, whose rural housing stock generally had a high level of comfort, characteristic of the "first wave" countries.

The Eastern European model of agritourism is characteristic of the "third wave" countries, which included former countries of the socialist camp and some republics from the USSR that joined the EU. It was formed in conditions of a poorly developed rural housing stock, required the development of programs for the reconstruction of villages and therefore became more expensive compared to the Western European model. The advantage was that the "third wave" countries developed state agritourism programs based on the ready-made EU model.

The Asian model of rural tourism is practiced in less developed tropical countries, where private houses are unsuitable for accommodating tourists, but there is a rich tourism potential, a developed culture of hospitality and a stable influx of foreign tourists. In contrast to the

Anglo-American model, it is based on national flavor, offers many additional services and accommodation in specially built national villages and expensive hotels in rural areas.

The analysis of the development of foreign agrotourism allows us to conclude that to implement any model it is necessary:

- systemic government support for agrotourism farms and agrotourism as a service sector;
- regulatory, legal and information support for the promotion of agritourism products at the regional and national levels;
- organization of agrotourism associations and IT resources with databases to create an agrotourism market on a state scale;
- finance support (system of preferential lending or subsidies for agricultural farms).

References / Список литературы

1. *Krivosheeva T.M., Druchevskaya L.E., Sultaeva N.L.* Rural tourism and sustainable development of rural territories // *World Applied Sciences Journal*. 2014. Vol.30. №30. Pp. 104-106.
2. *Трухачев А.В.* Проблемы классификации сельского туризма // *Сервис в России и за рубежом*. 2014. №8(55). С. 56-69. DOI: 10.12737/8249.
3. *Федулин А.А., Платонова Н.А., Вапнярская О.И.* Разработка рейтинга регионов Российской Федерации по уровню развития туризма // *Региональная экономика: теория и практика*. 2012. №41. С. 2-13.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВУЗА И ПРЕДПРИЯТИЯ: ОПЫТ БАЗОВОЙ КАФЕДРЫ ПО ПОДГОТОВКЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ ВЫПУСКНИКОВ ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА ТРУДА

Коноплянский Д.А. (Российская Федерация)

*Коноплянский Дмитрий Алексеевич – кандидат педагогических наук, доцент,
базовая кафедра в г. Ленинске-Кузнецком,
Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск*

Аннотация: в статье анализируется проблема подготовки конкурентоспособных выпускников вуза, посредством обобщения опыта создания системы взаимодействия вуза и работодателей, организации базовой кафедры, учёта специфики и потребностей регионального рынка труда. В качестве основного подхода представлено государственно-частное партнёрство по подготовке кадров, выделены его направления и формы. Охарактеризована деятельность базовой кафедры. Определена специфика регионального рынка труда, его потребности в кадрах, на основе которых развивалось взаимодействие вуза и работодателей, создавалась базовая кафедра и осуществлялась подготовка конкурентоспособных специалистов. Предложены ряд мероприятий по организации взаимодействия студентов с потенциальными работодателями.

Ключевые слова: вуз, студенты, работодатели, взаимодействие, базовая кафедра, рынок труда, конкурентоспособные выпускники

INTERACTION BETWEEN UNIVERSITY AND ENTERPRISE: EXPERIENCE OF THE BASIC DEPARTMENT IN PREPARING COMPETITIVE GRADUATES FOR THE REGIONAL LABOR MARKET

Konoplyansky D.A. (Russian Federation)

*Konoplyansky Dmitry Alekseevich – PhD in pedagogics, Associate Professor,
BASIC DEPARTMENT IN LENINSK-KUZNETSKY
TOMSK STATE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING, TOMSK*

Abstract: the article analyzes the problem of training competitive university graduates by generalizing the experience of creating a system of interaction between the university and employers, organizing a basic department, taking into account the specifics and needs of the regional labor market. The public-private partnership for personnel training is presented as the main approach, its directions and forms are highlighted. The activity of the basic department is characterized. The specifics of the regional labor market, its needs for personnel were determined, on the basis of which the interaction of the university and employers developed, the basic department was created and the training of competitive specialists was carried out. A number of measures are proposed to organize the interaction of students with potential employers.

Keywords: university, students, employers, interaction, basic department, labor market, competitive graduates.

Введение.

Актуальность проблемы совершенствования процесса профессиональной

подготовки выпускников вуза обусловлена изменяющимися социально-экономическими условиями, определяющими необходимость быстрой адаптации выпускников на современном рынке труда и насущными потребностями экономики региона [1]. Поэтому главной задачей вуза является обеспечение потребностей отраслей региональной экономики в подготовке конкурентоспособных специалистов. На государственном уровне стоит задача гармонизировать отношения в цепочке «государство-вуз-работодатели», что обеспечит конкурентоспособность подготовки специалистов высшими учебными заведениями в соответствии с требованиями рынка труда [2].

По нашему мнению, особое значение в условиях нарастающей конкуренции между высшими учебными заведениями за абитуриентов, актуализации вопросов конкурентоспособности выпускников вузов на рынке труда, усиления проблем их трудоустройства, приобретают возможности вуза содействовать профессиональной карьере выпускников вуза-молодых специалистов [7]. В основе такой работы должна лежать налаженная система взаимодействия вуза с работодателями с учетом комплексной диагностики современного рынка труда и транслирования возможностей рынка образовательных услуг, а как одной из форм такого взаимодействия может являться базовая кафедра, созданная совместно с профильной организацией.

Изложение основного материала статьи.

В ходе проведенного нами исследования была создана система государственно-частного партнерства. Целью такой системы являлось обеспечение высокого качества профессиональной подготовки специалистов на основе комплексного сотрудничества с заинтересованными организациями - стратегическими партнерами.

В проведенном нами исследовании системы функционального взаимодействия и сотрудничества всех участников подготовки конкурентоспособных выпускников вуза, где построение подобной системы предполагало организацию государственно-частного партнерства между вузом и промышленными (строительными) предприятиями, основанного на вовлечении действующих предприятий, являющихся потенциальными работодателями, в воспитательно-образовательный процесс, а также в процессы формирования и измерения конкурентоспособности выпускников вуза и повышения уровня их мотивации к будущей профессиональной деятельности;

В качестве ключевых направлений государственно-частного партнерства при формировании конкурентоспособности выпускников были определены следующие:

- восстановление в рамках взаимодействия вузов с работодателями связей предприятий и вузов;
- формирование механизмов и методик прогнозирования структуры рынка труда на уровне региона и отрасли для совместного определения профиля и объема подготовки специалистов, в отношении которых будет существовать спрос со стороны работодателей;
- взаимодействие с работодателями при определении требований к квалификации конкурентоспособных выпускников;
- формирование обеспечивающих подготовку специалистов на основе учета имеющихся и перспективных потребностей работодателей финансово-экономических механизмов;
- формирование технологий мониторинга состояния рынка, их применение для устранения разрыва потребностей рынка труда в кадрах необходимой квалификации и требований в отношении возможного уровня подготовки выпускников со стороны работодателей [3];

Акцентируя внимание на необходимости развивать государственно-частное партнерство при формировании конкурентоспособности выпускников, мы полагаем,

что следует в рамках взаимодействия с работодателями осуществлять следующие мероприятия:

- организовывать учитывающие индивидуальные особенности будущих специалистов стажировки и учебно-производственные практики;
- организовывать профессиональное обучение студентов на предприятиях [6];
- открывать производственные научно-исследовательские лаборатории, базовые кафедры;
- для проведения занятий практического и лабораторного характера - совместно использовать материально-техническую базу.

В этой связи в качестве основания для осуществления на практике концепции формирования конкурентоспособности выпускников с учетом присущей рынку труда региона специфики выступают существующие на региональном рынке труда стратегические потребности [8].

Полноценное вовлечение студента в практическую деятельность невозможно без организации контакта с потенциальным работодателем [5]. Только наблюдая за деятельностью действующих специалистов и принимая в ней участие, студент может составить представление о будущей профессии. Поэтому с первого года обучения на основании заранее достигнутых договоренностей в рамках государственно-частного партнерства рекомендуется следующее:

- организация «практических» в познавательном отношении экскурсий студенческих групп на действующее предприятие (в учреждение);
- назначение постоянного и занятого лишь этим наставника практической деятельности студента на предприятии;
- согласование тематик исследовательских, курсовых и контрольных работ студента со своим наставником на предприятии;
- определение ежемесячных часов для личного контакта студента с наставником с целью прояснения для первого производственных и исследовательских вопросов;
- экспертная оценка наставником как достижений студента на каждом году обучения, так и его личностных качеств, в первую очередь, ответственности и целеустремленности студента;
- организация и проведение со стороны предприятия (учреждения) студенческих конкурсов в рамках вовлечения в профессиональную деятельность [12];
- содействие наставника в трудоустройстве выпускника вуза на соответствующее предприятие (в учреждение) [11].

Базовая кафедра ФГОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет» в г. Ленинске-Кузнецком была создана совместно с профильным предприятием ООО «ЭкоСтрой ЛК» в целях:

- практической подготовки обучающихся по основным образовательным программам (ООП), направленным на формирование, закрепление и развитие умений и компетенций, и предусматривающей возможность проведения всех видов учебных занятий и осуществления научной деятельности; подготовки кадров для ООО «ЭкоСтрой ЛК»;
- совершенствования качества образования путем использования в образовательной деятельности результатов научно-исследовательских работ, новых знаний и достижений науки и техники, расширения исследовательского принципа обучения и научной составляющей образовательной деятельности, в том числе привлечения обучающихся к проведению научных исследований под руководством научных работников университета;
- подготовки конкурентноспособных специалистов на основе совершенствования качества образования путем использования в образовательной деятельности результатов, новых знаний и современных достижений науки и производства;

- совершенствования образовательного процесса, усиления его практической направленности на основе привлечения к преподаванию высококвалифицированных специалистов-практиков и использования материально-технической базы ООО «ЭкоСтрой ЛК»;

- интеграции науки, высшего образования и производства для подготовки выпускников ТГАСУ, организационно-методическое сопровождение профессиональной подготовки; проведение совместных научных исследований по приоритетным направлениям техники и технологий; эффективное использование инновационного потенциала ТГАСУ и ООО «ЭкоСтрой ЛК».

Для достижения поставленных целей были решены следующие задачи:

- осуществили комплексное взаимодействие в образовательной, научной и инновационной сферах с Организацией - стратегическим партнером ТГАСУ;

- реализовали программы подготовки кадров в интересах Организации и региона;

- привлекли к учебному процессу высококвалифицированных работников Организации;

- провели на базе Организации практические занятия, всех видов практик, дипломного проектирования студентов ТГАСУ с целью приобретения профессиональных умений и навыков по выбранному направлению, отвечающих требованиям рынка труда, на основе заключения дополнительного договора на проведение практики студентов;

- организовали целевую подготовку специалистов в интересах Организации;

- провели стажировки на базе Организации преподавателей ТГАСУ и повышения квалификации и переподготовки работников Организации на базе ТГАСУ;

- организовали и провели совместные научно-исследовательские работы, совместные научные мероприятия (семинары, конференции) по профилю Организации;

- выпустили совместные научные и научно-методические публикации, содействовавшие внедрению перспективных разработок в производственный процесс;

- сформировали предложения по заданиям на курсовое и дипломное проектирование, выполнение магистерских диссертаций;

- проанализировали и подготовили рекомендации по совершенствованию учебных планов и рабочих программ учебных дисциплин по направлениям Базовой кафедры с привлечением высококвалифицированных работников Организации, скорректировали учебные планы в соответствии с потребностями регионального рынка труда;

- приняли участие в работе учебно-методических советов по профильным для Базовой кафедры направлениям подготовки;

- включили высококвалифицированных работников Организаций в состав государственных экзаменационных комиссий;

- оказали содействие в трудоустройстве выпускников ТГАСУ на основе предварительно согласованных заявок на поиск и подбор персонала на вакантные должности Организации.

На Базовой кафедре осуществляются следующие виды деятельности.

1. учебно-методическая деятельность:

1.1. Участие в разработке, утверждении в установленном порядке и реализации образовательных программ (ОП) ТГАСУ по соответствующим направлениям подготовки (специальностям).

1.2. Проведение всех видов учебных занятий по дисциплинам, закрепленным за кафедрой в соответствии с учебными планами, программами учебных дисциплин, расписанием учебных занятий, руководство самостоятельной работой студентов, проведение текущего контроля знаний, экзаменов и зачетов, в том числе:

- организация и проведение всех видов практик студентов на предприятии с использованием технологических возможностей предприятия;
- обеспечение условий для подготовки и написания курсовых работ и ВКР, участие в формировании тем ВКР, обеспечение научного руководства курсовыми и выпускными квалификационными работами обучающихся, руководство учебно - исследовательской работой студентов;
- чтение специальных курсов, обеспечивающих учебно-научную и конструкторско- технологическую подготовку и специализацию по профилю отрасли и предприятия;
- руководство подготовкой диссертационных работ на соискание ученых степеней соответствующего профиля аспирантами ТГАСУ.

1.3. Участие в мероприятиях, проводимых ТГАСУ, по модернизации учебного процесса и повышению качества обучения. Обеспечение повышения качества преподавания путем совершенствования имеющихся методик обучения, изучение и внедрение новых методик и технологий обучения.

2. Научно-исследовательская деятельность:

2.1. Организация, проведение и реализация совместных с Организацией научно-исследовательских, опытно-конструкторских и проектных работ с привлечением студентов, аспирантов и преподавателей Базовой кафедры. Создание творческих коллективов для реализации совместных научно - исследовательских проектов.

2.2. Содействие научно-исследовательской деятельности университета путем привлечения экспериментальной и производственной базы предприятия для выполнения экспериментальной части научно-исследовательских работ университета. Обеспечение доступа к технологическому оборудованию предприятия преподавателей и научных сотрудников вуза, в том числе путем предоставления его во временное пользование.

2.3. Проведение совместных научно-практических мероприятий (семинаров, конференций) по приоритетным научно-техническим направлениям. Организация совместных научных и научно-методических публикаций.

3. Деятельность профильной Организации:

3.1. Обеспечение проведения практических занятий, семинаров, лабораторных практикумов и иных видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом.

3.2. Предоставление студентам ТГАСУ мест для прохождения учебной, производственной и преддипломной практик.

3.3. Обеспечение организацией условий для подготовки обучающимися выпускных квалификационных работ и иных видов работ, предусмотренных образовательной программой, в том числе участие в формировании заданий и тем дипломного и курсового проектирования, безвозмездное предоставление информации и материалов, не являющихся коммерческой тайной, для написания выпускных квалификационных работ и иных видов работ, предусмотренных основной образовательной программой.

3.4. Участие в обеспечении руководства, консультирования выпускных квалификационных работ, выполняемых по заданию Организации.

3.5. Участие в промежуточной и итоговой аттестации студентов, в рецензировании выпускных квалификационных работ.

3.6. Проведение необходимых организационных мероприятий, выделение помещений и соответствующих технических и материальных средств на условиях

безвозмездного и совместного использования, необходимых для достижения качественной подготовки студентов с учетом возможностей Организации.

3.7. Создание безопасных условий обучения и соблюдение специальных условий для получения высшего образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Проведенный анализ позволяет отметить следующее - регулирование, цель которого состоит в определении деятельности, ориентированной на формирование конкурентоспособных выпускников, должно основываться на показателях, которые отражают специфику рынка труда региона, учитывают потребность регионального рынка труда в кадрах высокой квалификации. При этом ключевая проблема состоит, как и ранее, в необходимости учитывать интересы будущих специалистов, которые могут отличаться от потребностей региональной экономики.

В течение последнего времени работодатели, представленные на рынке труда региона, демонстрируют заинтересованность в подготовке кадров высокой квалификации по широкому диапазону специальностей, а также специалистов, имеющих высшее образование. При этом характер потребности в указанных специалистах является различным в различных городах и районах области. Существует разрыв между специальностями, которые получает молодежь, и характером работы, на которую устраиваются молодые люди [9].

По результатам проведенного исследования выявлено, что особенность рынка труда области состоит в наличии специалистов, требующихся профиля и квалификации; существовании координации деятельности, в рамках которой осуществляется коллективное продвижение товаров и услуг; в значительном числе участников, необходимом для того, чтобы получить положительные результаты кластеризации; территориальной концентрации предприятий.

Проведенный анализ позволил установить, что факторами, определяющими состояние, в котором находится рынок труда региона, являются: уровень зарплат; спрос и предложение трудовых ресурсов; сокращение количества работников в некоторых отраслях, являющихся приоритетными; состояние здоровья работников; увеличение масштабов краткосрочной занятости; уровень развития способности трудовых ресурсов региона к интенсивной и продолжительной трудовой деятельности; тенденция сокращения персонала на средних и крупных предприятиях региона; отраслевая и пространственная концентрация предложения трудовых ресурсов; увеличения значимости трудовой миграции - внешней и внутренней.

В качестве потенциального работодателя предприятие имеет право выступать с предложениями по совершенствованию образовательного процесса и содержания образования в соответствии с требованиями будущей профессиональной деятельности студентов [10].

В качестве элемента организации государственно-частного партнерства выступала предварительная подготовка педагогов, преподающих специальные дисциплины [4]. Для достижения данных целей осуществлялось взаимодействие с представителем работодателя, выступавшим в роли наставника, по вопросам, связанным с профессиональной деятельностью будущих специалистов, утверждение в совместном порядке графиков и видов работ, которые следует выполнять студентам, планов и программ производственного обучения.

Выводы.

Исследование позволило выявить, что взаимодействие между региональной системой образования и профессионально-образовательным кластером обеспечит возможность корректировки механизмов и функций взаимодействия между вузами, предприятиями, общественными организациями и госорганами при формировании конкурентоспособности выпускников; сокращения разрыва уровня услуг по профориентации и заказа на формирование конкурентоспособности выпускников; согласования методов, форм, функций, задач, целей региональной системы

профориентации с задачами, целями, функциями системы формирования конкурентоспособности выпускников вуза.

Мы исходили из того, что, формируя организационно-педагогические условия в рамках системы взаимодействия между вузом, преподавателем, студентом и работодателем обеспечивается возможность мобилизовать потенциал студентов, их творческие и интеллектуальные способности, стимулировать их стремление к саморазвитию в профессиональном отношении за счет практической деятельности по решению профессиональных задач. Целенаправленное формирование условий государственно-частного партнерства, способствующих активному взаимодействию между вузами и организациями при формировании профессиональных компетенций студентов, позволило обеспечить конкурентоспособность выпускников с учетом присущих рынку труда региона особенностей.

Список литературы / References

1. Адольф В.А. Конкурентоспособность выпускника современного вуза [Текст]: монография / В.А. Адольф, А.В. Фоминых А.В. – Красноярск: КГПУ им. В. П. Астафьева, 2017. – 280 с.
2. Богуславский М.В. Механизмы стратегического взаимодействия государства, бизнеса и университетов в регионе [Текст] / М.В. Богуславский, Е.В. Неборский // Проблемы государственного, регионального и муниципального управления в России: история и современность. Сборник статей. – Оренбург: 2019. – С. 241 – 247.
3. Жуков Г.Н. Организационно–педагогические условия формирования готовности студентов к занятости на рынке труда [Текст] / Г.Н. Жуков, А.В. Сьянов // Профессиональное образование и занятость молодежи. Кемерово: Изд–во ГОУ «КРИПО». – 2014. – С. 44-45.
4. Зайцева А.И. Трансформация рынка труда и модернизация системы высшего образования региона // Российская экономика знаний: вклад региональных исследователей. – 2017. – С. 190-195.
5. Знарикова В.Ю. Проблемы взаимодействия рынка труда и рынка образовательных услуг / В.Ю. Знарикова // Международный электронный журнал. Устойчивое развитие: наука и практика. Вып. 1 (12). – 2014. – С. 64-68.
6. Касаткина Н.Э. Взаимодействие образовательных организаций и промышленных предприятий в процессе формирования профессионального са–моопределения обучающихся / Н.Э. Касаткина, Е.А. Пахомова, Е.Л. Руднева // Вестник КемГУ. – 2015. – № 1–2(61). – С. 113-116.
7. Коноплянский Д.А. Концепция формирования конкурентоспособности выпускников вуза в изменяющейся социально-экономической ситуации / Д.А. Коноплянский // European Social Science Journal. – 2018.– № 12. Т. 2. – С. 241–249.
8. Миляева Л.Г. Партнерство вузов и работодателей в подготовке кадров / Л.Г. Миляева // Человек и труд. – 2006. - С. 67-69.
9. Никулина О.В. Развитие профессиональной конкурентоспособности студентов строительных специальностей на современном рынке труда / О.В. Никулина, С.Н. Сорокоумова // Приволжский научный журнал. – 2015. – № 2 (34). – С. 267-271.
10. Работодатели и студенты: о путях формирования конкурентоспособности студенчества / С.Д. Резник, А.А. Сочилова // Университетское управление – 2010. – № 3. – С. 70-77.
11. Чернышева Н.И. Проблема трудоустройства выпускников учебных заведений и поиск путей ее решения /Н. И. Чернышева // Наука и экономика. – 2011. – № 1 –5. – С. 62-63.

12. *Малышева А.А.* Компетенции молодых выпускников вузов, обеспечивающие конкуренцию на рынке труда [Эл. ресурс] / А.А. Малышева, И.В. Невраева // *Вы+Мы: кадровый консалтинг*. 15.11.10. – URL: <http://www.youwe.tom.ru> (дата обращения 06.12.10).
-

ДИСКУРС - АНАЛИЗ ФИЛОСОФСКО-ПОЛИТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ Б. РАССЕЛА «POWER: A NEW SOCIAL ANALYSIS»

Гаева А.В. (Российская Федерация)

*Гаева Анна Владимировна - старший преподаватель,
Филиал Российского государственного профессионально-педагогического университета в
городе Нижнем Тагиле,
г. Нижний Тагил*

Аннотация: в статье изложены основные положения концепции власти в философско-политической концепции Б. Рассела. На основе дискурс-анализа выделено определение понятия «власть», представлена типология власти, а так же рассмотрено соотношение понятий «власть» и «политика». В целом, представлена уникальная аналитическая концепция власти. Данная концепция власти может быть использована в качестве методологического основания в понимании определенных тем в процессе обучения студентов в высшей школе. По таким предметам как философия, социология, политология и другим междисциплинарным курсам. Методика дискурс-анализа позволяет интерпретировать основные положения теории Б. Рассела и раскрыть сущность и содержание такого феномена человеческого общества, как власть. Элементы представленного дискурсивного анализа могут быть использованы как на теоретических, так и на практических занятиях в высшей школе. Методика предполагает всесторонний анализ первоисточника, его разделение на отдельные смысловые части и формирование целостного представления о исследуемом явлении. Следовательно, представленный дискурсивный анализ может быть определенным методическим руководством при анализе первоисточников. В нашем случае это работа Б. Рассела «Power: A new social analysis».

Ключевые слова: дискурс-анализ, власть, политика, типы власти, типология власти, Б. Рассел.

DISCOURSE ANALYSIS OF B.RUSSELL'S PHILOSOPHICAL AND POLITICAL RESEARCH "POWER: A NEW SOCIAL ANALYSIS"

Gaeva A.V. (Russian Federation)

*Gaeva Anna Vladimirovna - Senior lecturer,
BRANCH OF THE RUSSIAN STATE VOCATIONAL PEDAGOGICAL UNIVERSITY IN NIZHNY
TAGIL,
NIZHNY TAGIL*

Abstract: the article outlines the main provisions of the concept of power in the philosophical and political concept of B. Russell. Based on the discourse analysis, the definition of the concept of "power" is highlighted, the typology of power is presented, as well as the relationship between the concepts of "power" and "politics" is considered. In general, a unique analytical concept of power is presented. This concept of power can be used as a methodological basis for understanding certain topics in the process of teaching

students in higher education. In subjects such as philosophy, sociology, political science and other interdisciplinary courses. The method of discourse analysis allows us to interpret the main provisions of B. Russell's theory and reveal the essence and content of such a phenomenon of human society as power. The elements of the presented discursive analysis can be used both in theoretical and practical classes in higher education. The methodology involves a comprehensive analysis of the primary source, its division into separate semantic parts and the formation of a holistic view of the phenomenon under study. Therefore, the presented discursive analysis can be a definite methodological guide in the analysis of primary sources. In our case, this is the work of B. Russell "Power: A new social analysis".

Keywords: *discourse analysis, power, politics, types of power, typology of power, B. Russell.*

УДК 37.372.83

В современной социально-политической науке понятие «власть» является центральным понятием, которое подвергается всестороннему научному анализу. Это является неслучайным, так как оно является исходной единицей, основанием организации социально-политической жизни любого общества.

Социально-политическая и философская дискуссия о власти, которая разворачивается в науке, как классической, так и современной связана с множеством методологических дилемм.

Используя метод дискурс-анализа мне бы хотелось обратить свое внимание на современную и оригинальную концепцию власти, выстроенную Берtrandом Расселом в работе "Power: A new social analysis", которая представляет собой синтез социального, политического, философского и психологического анализа власти. Рассел впервые сделал попытку рассмотреть власть как сложное, многоструктурное и многофункциональное явление, которое затрагивает все стороны общественного бытия и сущность человеческой личности на всех уровнях ее потребностей. Поэтому анализ власти, изложенный Расселом, является достаточно интересным и полезным для ее дальнейшего теоретического и эмпирического рассмотрения в науке.

1. Сущность власти в концепции Б. Рассела.

Начиная социальный анализ власти, Б. Рассел с определения специфики человеческой природы. Рассел отмечает что, между человеком и другими животными имеются разнообразные различия, некоторые интеллектуальные, некоторые эмоциональные. Одно из главных эмоциональных различий - то, что некоторые человеческие желания, в отличие от желаний животных, являются по существу безграничными и неспособными к полному удовлетворению. Из бесконечных желаний человека основополагающими являются желания власти и славы, которые могут быть расценены одинаково, с целью достижения практических целей.

Власть, является центральным понятием и проблемой социальных наук, так же как энергия является фундаментальной концепцией в физике. Подобно энергии, власть имеет много форм, типов богатства и вооружения, гражданских полномочий, влияние на мнение. Ни одна из данных характеристик не может быть расценена как подчиненная любой другой, и нет ни одной, от которой бы другие являлись производными. Попытка обращения к одной из форм власти, означает, например, рассмотрение богатства в изоляции, и она может быть лишь частично успешна, так же, как изучение одной формы энергии будет дефектно в некоторых точках, если другие формы не приняты во внимание. Богатство может следовать из военной власти или от влияния на общественное мнение, так же, как любые из них могут следовать из богатства. Законы социальной динамики - законы, которые могут только быть заявлены в терминах власти, а не в терминах той или иной формы власти. В прежние времена, военная власть была изолирована, следствием того, что победа или поражение, казалось, зависела от случайных качеств командующих. В наши дни,

обычно обращаются к экономической власти, как источнику, из которого все другие виды следуют, но данное положение Рассел считает большой ошибкой военных историков, устаревшим утверждением сегодняшнего дня.

Поэтому необходимо построение более адекватной концепции власти, которая бы смогла в большей мере раскрыть ее специфику и сущность.

Существует большое количество различий между обществами, основой которых являются их различия в отношении к власти. Они отличаются, начиная со степени влияния власти, которой обладают индивидуумы или организации; это очевидно, что вследствие увеличения организации, например, государство, имеет большее количество власти теперь, чем в прежние времена. Они отличаются, также тем, что касается вида организации, которая является наиболее влиятельной: военный деспотизм, теократия, плутократия, являются очень несходными типами. В-третьих, они отличаются разнообразием способов достижения власти: передача власти по наследству образует один из видов властного лидера, качества, требуемые от священнослужителя, производят другой вид, демократия производит третий вид, а война четвертый. Исходя из этого различные основания власти, обуславливают ее характерные черты и особенности. Основание власти также связано с проблемой выделения субъекта и объекта власти, то есть «лидеров и их последователей».

Импульс к власти имеет две формы: явный, в лидерах; неявный, в их последователях. Когда люди охотно следуют за лидером, они делают это с целью приобретения власти группой, которой он командует, и чувствуют, что его триумфы их. Большинство людей не чувствует в себе компетентность, необходимую для продвижения их группы к победе, и поэтому разыскивают капитана, который, как им кажется, обладает храбростью и проницательностью, необходимыми для достижения превосходства. Даже в религии этот импульс появляется.

Это делает возможным неравенство во власти, появление которого является неизбежностью, и которое имеет тенденцию в большей степени увеличиваться, чем уменьшаться, поскольку общество становится органическим.

Неравенство в распределении власти всегда существовало в человеческих общинах. Это было возможно частично благодаря внешней потребности, частично по причинам, которые могут быть найдены в человеческой природе. Люди во власти, пока они верят в свою собственную компетентность, ведут себя по-деловому, осуществляя властные полномочия, но когда они чувствуют себя некомпетентными, они предпочитают следовать за лидером. Такова сущность человеческой природы.

Таким образом, по Расселу, власть может быть определена как производство предназначенных влияний. Это – таким образом, количественная концепция: учитывает два типа людей с подобными желаниями, если один достигает таких же желаний, что и другой, а также другие, он имеет большее количество власти, чем другой. Но не имеется никаких точных средств сравнения власти двух людей того, кому, возможно, достичь одной группы желаний, и другой; например, два художника, каждый из них желает писать хорошие картины, станут богатыми, и, каждый преуспеет в написании хороших картин и в становлении другого богатым, больше нет другого пути, посредством которого возможно было бы овладеть большим количеством власти. Однако, трудно сказать, что А имеет большее количество власти чем В, если несколько влияний предназначены для В.

Исходя из всего сказанного выше, можно сказать, что сущность власти как социально-политического, экономического и идеологического явления Рассел усматривает в специфике человеческой природы. Биологические особенности человека и являются центральным основанием власти, посредством чего она возникает впоследствии как социальное явление.

2. Типология власти Б. Рассела.

Различные формы власти можно классифицировать разным способом:

- во-первых, классификация власти по отношению к людям;

- во-вторых, классификация власти по отношению к какому-либо делу или вопросам;
- в-третьих, классификация власти по отношению к нечеловеческим формам жизни.

Рассел акцентирует свое внимание на классификации власти по отношению к людям, то есть его интересует главным образом социально-политический аспект власти в обществе.

Он создает свою типологию власти, в основе которой лежит способ властного влияния на индивидуума (посредством физического воздействия; наградой, наказанием или каким-либо другим стимулом; влиянием на его мнение, посредством пропаганды) и спецификой существования и распределения власти в рамках той или иной организации (биология организаций).

Также в основу своей типологии Рассел закладывает индивидуальные способности и возможности власти, как явления, которое присуще только человеческому обществу, в том виде, в котором оно проявляется в нем.

Исходя из этого, Б. Рассел выделяет следующие типы власти.

1. Традиционная власть. Имеет на своей стороне силу привычки; это не должно оправдывать ее в каждый момент, ни доказывать непрерывно, что никакая оппозиция не достаточно сильна, чтобы свергнуть ее. Кроме того, она почти неизменно связана с религиозными или квазирелигиозными верами, стремящихся показать, что сопротивление ей есть зло. Возможно, соответственно, полагаться на общественное мнение в большей степени чем, на возможность революционного захвата власти. Это имеет два более или менее противоположных последствия: с одной стороны, традиционная власть, чувствует себя безопасной, чтобы во многом избежать активной политической тирании; с другой стороны, несправедливость власти в тот или иной момент может быть оправдана силой традиции. Господство террора во Франции иллюстрирует революционный вид тирании, имеющей традиционный вид. Традиционная власть может быть представлена в двух ее основных формах:

- религиозная власть (или как называет ее Рассел – власть священников);
- королевская власть;

2. «Обнаженная» власть. Власть, не основанную на традиции или согласии, Рассел называет «обнаженной» властью. Именно данная характеристика в значительной степени отличает ее от традиционной власти. Данный тип власти существует там, где традиционная власть сохраняется, в характере режима и зависит от неограниченной степени, чувства безопасности или ненадежности.

«Обнаженная» власть обычно военная, и может иметь форму внутренней тирании или иностранного завоевания. Власть государства над законопослушными гражданами - традиционная, но власть над мятежниками, «обнаженная». Организации, в развитии и изменении власти проходят три последовательные стадии: сначала появляется власть фанатическая, а не традиционная вера, ведущая к завоеванию; затем традиционная власть; и, наконец, третья стадия на которой власть, используется против тех, кто отклоняется от традиции, и которая становится «обнаженной».

3. Революционная власть. Представляет собой столкновение фанатичных конкурентов, либо в иностранном завоевании, либо в религиозном преследовании, или в войне классов, которая осуществляется группой, а не индивидуум, который ищет власть, и ищет не для собственной пользы, а ради кредо. Но так как власть - это средство в длительном конфликте, который в итоге может стать забытым, имеется тенденция, особенно, если борьба длинна и серьезна, для фанатизма, чтобы стать постепенно преобразованной в простое преследование победы. Различие между революционной и «обнаженной» властью намного меньше, чем это, кажется, на первый взгляд. В Латинской Америке, восстание против Испании велось, сначала,

Либералами и демократами, но закончено было утверждением военной диктатуры, и отделенными мятежами.

4. Экономическая власть. Экономическая власть, в отличие от военной власти, не первичная, но производная. В пределах одного государства, она зависит от закона; в международных отношениях она только незначительно зависит от закона, но когда вовлекаются большие проблемы, она зависит от войны или угрозы войны. Было общепринято принимать экономическую власть без анализа, и это вело, в современное время, к неуместному акценту на экономику, в противоположность войне и пропаганде, в причинной интерпретации истории. Экономическая власть представляет собой способность решить, при помощи вооруженной силы, если необходимо, кому будут позволять претендовать на те или иные средства материального производства. Кредит – один из более абстрактных видов экономической власти, который зависит от юридического права передать излишек предметов потребления от тех, кто их произвел другим, которые заняты производительной работой. В случае частной корпорации человека, которая заимствует, деньги, обязательства могут быть предписаны в соответствии с законом, но прекращают свое существование, в случае наложения на них правительственных санкций. Эта санкция может терпеть неудачу, как в России после Революции; когда заемщик просто приобретает собственность кредитора. Например, Советское Правительство, имело власть и право решать, кто имеет доступ к золотым приискам на Лене.

5. Военная власть. В основе данного типа власти лежит способность и возможность непосредственного физического воздействия над властным объектом. Экономическая и военная власть никогда в прошлом не были так связаны, как в настоящее время. Никакая нация не может быть мощной без развитой индустрии и доступа к сырью и продовольствию. Мятеж, посредством военной власти, необходим для того, чтобы государство смогло приобрести доступ к такому сырью, которого нет на его собственной территории.

Экономическая власть военной единицы (которые могут быть составлены из нескольких независимых государств) зависит от:

- 1) способности защитить собственную территорию;
- 2) способности защищать территории других;
- 3) владения сырьем, продовольствием, и индустрией;
- 4) поставок товаров и услуг, необходимых другим военным единицам.

Все эти, военные и экономические факторы неразрывно смешаны; например, Япония, вполне военными средствами, приобрела сырье Китая, которое является необходимым для ее большей военной силы, и подобным способом Англия и Франция приобрели нефть на Ближнем Востоке, но оба завоевания были невозможны без предыдущего индустриального развития. Важность экономических факторов в военной власти увеличивается, поскольку война становится механизированной и научной, но это - не заключение о том, что сторона с превышающим экономическим ресурсом должна обязательно победить.

Во внутренних экономических отношениях отдельного государства, законные наборы ограничивают тем, что может быть выполнено в пути извлечения богатства от других. Индивидуум или группа должен обладать полной или частичной монополией над другими. Монополии могут быть созданы в соответствии с законом; например, патенты, авторские права, и собственность земли. Они могут также быть созданы комбинацией, как в случаях трестов и профсоюзов. Кроме того, что частные лица или группы могут извлекать свои выгоды, заключая сделки, все же государство сохраняет право брать силой, что бы то ни было, это рассматривается необходимым. И влиятельные частные группы могут стимулировать государству использовать это право, также как власть создания войны, способом, который является выгодным для него, хотя не обязательно для нации в целом; они могут также заставлять закон

работать на себя, например, позволяя комбинации предпринимателям, но не рабочим. Таким образом, фактическая степень экономического обладания индивидуума или группы зависит от военной силы и влияния через пропаганду весьма так много на факторы, обычно рассматриваемые в экономике. Экономика как отдельная наука нереалистична, и вводит в заблуждение, если ее рассматривать как практическое руководство. Она лишь - один "элемент" очень важный элемент, для истинного и широкого научного изучения власти.

6. Власть общественного мнения. Легко услышать, что общественное мнение всемогуще, и что все другие формы власти получены из него. Армия бесполезна, если солдаты не верят в причину, по которой они борются, или, в случае наемников, уверенных в способности их командующего, чтобы вести их к победе. Закон - важен, если его уважают. Экономические учреждения зависят от уважения к закону. Религиозное мнение часто оказывалось более мощным, чем государственное. Если, в любой стране, большинство за социализм, капитализм станет неосуществимым. На таких основаниях можно сказать, что общественное мнение - окончательная власть в обществе.

Но это было бы только половина правды, если игнорировать причины этого. Истинно, что общественное мнение является существенным элементом военной силы, также истинно, что военная сила может создавать общественное мнение.

В современном обществе новых информационных технологий общественное мнение и его власть приобретает все большую мощь и силу, благодаря возможности манипуляции сознанием и действиями людей. Поэтому, в наиболее развитых демократических обществах, власть общественного мнения имеет больше силы и возможности по сравнению с другими типами власти, так как она в большей степени соответствует современным реалиям социальной жизни.

7. Власть философов. Наиболее интересным и оригинальным типом власти в ее классификации Б. Расселом, является такой тип власти, как власть философов. Власть философов заключается в том, что, люди, занимающиеся философским и научным осмыслением социальной реальности, выстраивают в своих теоретических концепциях мировоззренческие идеи, которые впоследствии находят свое применение в практике и возможно, что могут стать основой всей социальной жизни. Данный тип власти может быть связан с властью общественного мнения, так как теоретические идеи философской науки являются повсеместно распространенными в обществе, хотя не всем и доступными. Тем самым они могут сформировать часть общественного мнения в форме особых представлений и идей.

Таким образом, несмотря на достаточное различие между данными типами власти, Рассел предпринял попытку из обобщения в рамках единой типологии. Это оказалось действительно возможным на основе того, что между данными типами власти существует прямая взаимосвязь, и это показывает Рассел, с одной стороны, один тип власти может породить другой; с другой стороны, один тип власти может являться следствием другого.

Мы рассмотрели до настоящего времени чувства, которые являются наиболее важными психологическими источниками власти: традиция, особенно в форме уважения к священникам и королям; страх и персональная амбиция, которые являются источниками «обнаженной» власти; замена нового кредо на старое, которое является источником революционной власти и т.д.; также предприняли попытку типологизировать власть.

Каждый тип власти, выделенный Расселом, имеет свое наибольшее проявление и существование в рамках конкретных политических режимах, которые являются особыми структурами, необходимыми для реализации власти.

Кроме политического режима, посредством которого возможно существование власти в обществе, Б. Рассел отмечает, также зависимость власти от социальных организаций, в которых она возникает и развивается.

Поэтому, теперь необходимо рассмотреть следующий раздел теории власти, на котором акцентирует свое внимание Б. Рассел – это изучение организаций, через которые власть реализуется в обществе.

3. Власть и политика.

Основной характеристикой политики является то, что она всегда предполагает осуществление власти одним человеком или людьми по отношению к другим. Власть в соотношении с политикой – это способность одного человека, действовать другого в интересах первого, любыми средствами. Политика всегда предполагает: один человек, побуждает других действовать так, как он желает.

Двумя характерными чертами политики является:

1. политика, всегда вовлекает создание общих решений для групп людей;
2. решения, принятые членами одной группы осуществляют власть над другими людьми.

Власть может состоять из широкого разнообразия инструментов, которые помогают одному человеку затронуть действия другого. Власть может быть абсолютна. Власть может быть осуществлена как принуждение, когда мы вынуждаем человека делать кое-что он, или она не хотела делать, как убеждение, когда мы убеждаем кого-то, что это – то, что она или он действительно желает делать, или как строительство стимулов, когда мы делаем альтернативный взгляд настолько непривлекательным, что только один разумный выбор остается. Способность осуществлять любую из этих форм власти может быть основана на деньгах, вещах, привязанности, физической силе, юридическом статусе, владении важной информацией, побеждающей улыбкой, сильными союзниками, намерением, отчаянием и др. Любые из этих факторов помогают некоторым людям заставить других людей действовать, как они желают. Они, как предполагается, обеспечивают ощущение разнообразия и сложности власти, а не как исчерпывающий список всех важных ее источников. Дело в том, что вся политика вовлекает использование власти, и такая власть может брать различные формы.

Таким образом, дискурс-анализ работы Б. Рассела показал, что во-первых, власть, по Расселу, может быть определена как производство предназначенных влияний. В соотношении власти с политикой и политической жизнью общества, это является важным и значимым, власть – это способность одного человека, действовать другого в интересах первого, любыми средствами. Политика всегда предполагает: один человек, побуждает других действовать так, как он желает.

Сущность власти как социально-политического, экономического и идеологического явления Рассел усматривает в специфике человеческой природы. Биологические особенности человека и являются центральным основанием власти, посредством чего она возникает впоследствии как социальное явление.

Проанализировав сущность власти, Рассел предпринимает попытку построения ее типологии, где он выделяет разнообразные типы власти:

- традиционная власть (включающая в себя две разновидности – религиозную и монархическую власть);
- «обнаженная» власть;
- революционная власть;
- экономическая власть;
- военная власть;
- власть общественного мнения;
- власть философов.

Данная типология представляет собой попытку синтеза и многомерного анализа власти, которая охватывает преимущественно не только сферу исключительно политических отношений, но общечеловеческую жизнь в целом.

Власть реализуется в обществе, через разветвленную систему социальных организаций. Организация, у Рассела – это группа людей, действия которых

направлены на достижение общих целей. Наиболее значимое место по специфике и структуре организации власти занимают политические организации, в рамках которых власть является основой для реализации и проведения политики в обществе.

Исходя из этого, Рассел обращает свое внимание на проблему соотношения власти и политики. Он приходит к мнению о том, что власть удивительно универсальное явление, определяющее общие решения для групп людей. А политика, тогда, состоит из создания общих решений для группы с помощью власти.

Таким образом, проблемы политики, политической жизни выдвинулись на одно из первых мест среди многих вопросов современности. Воздействуя на все стороны общественных отношений, формируя социально-политическую обстановку, политическая жизнь выступает фактором социального прогресса или застоя.

Список литературы / References

1. *Bertrand Russel*. Power: A new social analysis. London. New York. Routledge. 2004.
2. *Roger King* The State in modern society. New Directions in Political Sociology. Chatham House Publishers, Inc. Chatham, New Jersey. 1986. (36 500 т. з.)
3. *Shively W.P.* Power and Choice: An Introduction to Political Science. 7th ed. Boston, 2001.

THE ESSENCE OF THE CONCEPT OF SPIRITUAL CULTURE

Abdullaev B.I. (The Republic of Uzbekistan)

*Abdullaev Bakhodir Ismailovich – teacher,
URGENCH TECHNOLOGICAL UNIVERSITY "RANCH",
URGENCH, REPUBLIC OF UZBEKISTAN*

Abstract: *this article describes the decisive role of spiritual culture in modern society and its influence on national development. The article reflects the evolution of spiritual culture in the 21st century towards individualism, an eclectic approach to spirituality, and the combination of ancient wisdom with modern concepts. The impact of technology, globalization, and emerging spiritual movements on contemporary spiritual culture is explored. Also, the article analyzes the concept of socialization, education, the development of a unique model of spiritual culture for young people, and spiritual upbringing.*

Keywords: *spiritual culture, national development, state policy, individualism, higher education, socialization, cultural identity, globalization, technology, developing spiritual movements.*

СУТЬ ПОНЯТИЯ ДУХОВНАЯ КУЛЬТУРА

Абдуллаев Б.И. (Республика Узбекистан)

*Абдуллаев Баходир Исмаилович – преподаватель,
Ургенчский технологический университет «РАНЧ»,
г. Ургенч, Республика Узбекистан*

Аннотация: *в данной статье описывается решающая роль духовной культуры в современном обществе и ее влияние на национальное развитие. В статье отражена эволюция духовной культуры в XXI веке в сторону индивидуализма, эклектического подхода к духовности, сочетания древней мудрости с современными представлениями. Исследуется влияние технологий, глобализации и возникающих духовных движений на современную духовную культуру. Также в статье*

анализируются концепции социализации, образования, разработки уникальной модели духовной культуры молодежи, духовного воспитания.

Ключевые слова: *духовная культура, национальное развитие, государственная политика, индивидуализм, высшее образование, социализация, культурная идентичность, глобализация, технологии, развивающиеся духовные движения.*

INTRODUCTION

Stabilization of the spiritual and moral environment of society is an important factor of national development. That is why raising spirituality has become one of the priorities of state policy. It is an understanding of legitimacy and a theoretical basis for public policy. It requires correct and scientific reasoning.

Although the meaning of this term may vary, it refers to collective and individual expressions related to spirituality in a certain group or society, beliefs, values and customs. In order to understand this concept more deeply, it is necessary to understand the essence of its two main sub-concepts, spirituality and culture.

LITERATURE ANALYSIS

A.Erkayev said, “Social consciousness, worldview, belief, religion, religious practice, national idea, national ideology, human manners, moral qualities, artistic, scientific and other creative researches, achievements in this regard, artifacts and cultural artifacts of society over the centuries heritage, traditions, visions of our contemporaries about the future and positive dreams and plans are connected to spirituality [1]”. Spirituality refers to the internal landscape of individuals, encompassing their thoughts, beliefs, emotions, attitudes and values. The Arabic term “ma’no” forms the basis of the concept of spirituality, denoting the significance or essence of a person. One’s spiritual identity is reflected in their inner world.

As Professor K.Nazarov admitted, spirituality reflects the internal and external behavior, beauty, feelings, and experiences of people. Spirituality is a collection of highly developed humanitarian qualities in people. This is a philosophical concept that covers a wide range of content and subtle aspects of a person. Spirituality is a system that determines the actions and relationships of people, formed during their mutual relations, education and life experiences and manifested in their inner worlds [2].

In foreign literature, we find opinions on the issue of spiritual culture. In particular, E.J.Tisdell talks about the connection of spirituality with cultural identity and its importance in higher education. He emphasizes that research and teaching are both spiritual and intellectual processes. Because education is transformative, it must help students discover and reclaim their cultural identity. Because this process often affects spirituality [3].

J.Dyson suggests that spirituality should not be considered synonymous with religion or related to each other [4]. According to R.A.Tanyi, spirituality is an integral part of a person and has a subjective, immaterial and multifaceted nature. Spirituality and religion are often used interchangeably, but these two concepts are quite different. Spirituality involves a person’s search for meaning in life, while religion involves a view of a higher power or God. For some people, spirituality may be related to religion, but not for everyone [5].

RESULTS AND DISCUSSION

It is known that the concept of culture in a broad sense covers all stages and types of creative processes related to people’s activities and lives, but in a narrow sense, it is used in the sense of their spiritual way of life.

The development of spiritual culture in modern society reflects dynamic changes in beliefs, values, and interpersonal relationships. As societies undergo various changes, the role of spiritual culture also adapts and changes accordingly.

It is no exaggeration to say that the 21st century witnessed the rise of individualism. Emphasis on personal experience, individuality, and independence led to the emergence of an eclectic approach to spirituality.

The formation of the spiritual culture of young people is carried out in the processes of socialization and self-education under the influence of the factors of modern socio-cultural reality. Accordingly, the specific nature of the process of spiritual education is determined and it is required to create an integral model of the spiritual culture of young people that ensures self-awareness and stable social mobility of the young generation. This model can be implemented in the course of targeted activity of social institutions. For this, it will be necessary to develop the concept of the system of socialization and spiritual education of the self-fulfilling generation of young people, which should form the basis of the activity of social institutions that implement the spiritual education of young people. Because it is precisely under this concept that the solution of the tasks of forming new values, personal and civil qualities and spiritual culture is ensured [6].

CONCLUSION

In summary, the 21st century has been marked by a dynamic relationship between tradition and innovation as individuals seek to reconcile ancient ethical principles with modern insights. To help young people develop self-awareness and sustainable social mobility, it is crucial to provide them with a comprehensive model of spiritual culture that integrates processes of socialization and self-education. Recognizing the interconnectedness of spirituality, cultural identity, and higher education is vital in emphasizing the deep significance of spiritual culture in the contemporary world.

References / Список литературы

1. *Erkayev A.* Ma'naviyatshunoslik. The first volume. III- T.: Ma'naviyat, 2018. – P. 11.
2. *Nazarov Q.N.* Axiology (Philosophy of Values). -T.: Academy, 2011. - P. 91.
3. *Tisdell E.J.* Spirituality, cultural identity, and epistemology in culturally responsive teaching in higher education //Multicultural Perspectives. – 2006. – T. 8. – №. 3. – P. 19-25.
4. *Dyson J., Cobb M., Forman D.* The meaning of spirituality: A literature review //Journal of advanced nursing. – 1997. – T. 26. – №. 6. – P. 1183-1188.
5. *Tanyi R.A.* Towards clarification of the meaning of spirituality //Journal of advanced nursing. – 2002. – T. 39. – №. 5. – P. 500-509.
6. *Mamanov J. & Khushvaktov Z.* (2022). National and universal principles of raising the spiritual culture of youth through the national mentality (mechanism). Educational Research in Universal Sciences, 1(6), 9–13.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
«ПРОБЛЕМЫ НАУКИ»

АДРЕС РЕДАКЦИИ:
153000, РФ, ИВАНОВСКАЯ ОБЛ., Г. ИВАНОВО,
УЛ. КРАСНОЙ АРМИИ, Д. 20, 3 ЭТАЖ, КАБ. 3-3,
ТЕЛ.: +7 (915) 814-09-51.

[HTTPS://SCIENTIFIC-PUBLICATION.COM](https://scientific-publication.com)
E-MAIL: [INFO@P8N.RU](mailto:info@p8n.ru)

ТИПОГРАФИЯ:
ООО «ОЛИМП».
153000, РФ, ИВАНОВСКАЯ ОБЛ., Г. ИВАНОВО,
УЛ. КРАСНОЙ АРМИИ, Д. 20, 3 ЭТАЖ, КАБ. 3-3

ИЗДАТЕЛЬ:
ООО «ОЛИМП»
153002, РФ, ИВАНОВСКАЯ ОБЛ., Г. ИВАНОВО, УЛ. ЖИДЕЛЕВА, Д. 19
УЧРЕДИТЕЛЬ: ВАЛЬЦЕВ СЕРГЕЙ ВИТАЛЬЕВИЧ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОБЛЕМЫ НАУКИ»
HTTPS://WWW.SCIENCEPROBLEMS.RU
EMAIL: INFO@P8N.RU, +7(915)814-09-51



Федеральное агентство по печати
и массовым коммуникациям



CYBER LENINKA



INTERNATIONAL
DOI FOUNDATION

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «EUROPEAN SCIENCE»
В ОБЯЗАТЕЛЬНОМ ПОРЯДКЕ РАССЫЛАЕТСЯ:**

1. ФГБУ "Российская государственная библиотека".
Адрес: 143200, г. Можайск, ул. 20-го Января, д. 20, корп. 2.
2. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ.
Адрес: 127006, г. Москва, ГСП-4, Страстной б-р, д.5.
3. Библиотека Администрации Президента Российской Федерации.
Адрес: 103132, г. Москва, Старая площадь, д. 8/5.
4. Парламентская библиотека Российской Федерации.
Адрес: 125009, г. Москва, ул. Охотный Ряд, д. 1.
5. Научная библиотека Московского государственного университета
имени М.В. Ломоносова (МГУ), Москва.
Адрес: 119192, г. Москва, Ломоносовский просп., д. 27.

ПОЛНЫЙ СПИСОК НА САЙТЕ ЖУРНАЛА: [HTTPS://SCIENTIFIC-PUBLICATION.COM](https://scientific-publication.com)



Вы можете свободно делиться (обмениваться) — копировать и распространять материалы
и создавать новое, опираясь на эти материалы, с **ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ** указанием авторства.
Подробнее о правилах цитирования: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.ru>

ЦЕНА СВОБОДНАЯ