



## Организационные и образовательные аспекты НБИКС-конвергенции

*В.П. Свечкарев, Д.П. Олишевский*

*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** Исследованы организационные и образовательные аспекты продвижения конвергентного образования в Южном федеральном университете. Рассмотрены результаты и возможности апробированного междисциплинарного подхода в подготовке специалистов высокого уровня. Выявлена необходимость выстраивания структуры, процессов и программ подготовки НБИКС-специалистов в виде трансдисциплинарной среды. Показано, что последняя образуется в результате согласованной интеграции сред формирования целей, реализации и ресурсного обеспечения трансдисциплинарной образовательной программы. Отмечен иерархический характер формирования каждой из сред. Описана иерархия целей, отражающая многовариантность и альтернативность образовательных траекторий. Представлен инсорсинг-центр, интегрирующий аутсорсинговый потенциал исследовательских и проектных структур. Определено образовательное направление мета-среды НБИКС-конвергенции.

**Ключевые слова:** НБИКС-технологии, НБИКС-конвергенция, конвергенция знаний, междисциплинарность, трансдисциплинарность, аутсорсинг, инсорсинг, центр коллективного пользования, инновация

Аббревиатура НБИКС в настоящее время уже стала самостоятельным смысловым конструктом, характеризующим концепцию управления развитием технoнауки и, одновременно, попытку формирования эволюции человечества как осознанно направляемого процесса трансформации природы человека [1,2]. НБИКС представляет важнейшие технологии современности, а именно: нанотехнологии, биотехнологии, информационные, когнитивные и социальные технологии. Все технологии синергично взаимодействуют, дополняют и усиливают друг друга, создавая небывалые, чрезвычайно мощные средства преобразования человека и земной цивилизации [1, 2]. Некоторые аспекты НБИКС-конвергенции были рассмотрены в разное время в Инженерном вестнике Дона (например, см. [3, 4]). В настоящей статье авторы, опираясь на опыт теоретических и практических разработок, ведущихся в Южном федеральном университете (ЮФУ) [5, 6], предлагают сконцентрироваться на организационных и образовательных аспектах НБИКС-конвергенции. В качестве своеобразного тезиса к такому подходу может

---



быть принято следующее заключение член-корреспондента РАН, директора НИЦ Курчатовский институт М.В. Ковальчука: «Очевидно, что необходима принципиальная перестройка базовых составляющих существующей цивилизационной модели: наука, образование, технологии... Речь идет о создании принципиально новой техносферы, которая станет органичной частью природы» [7]. Именно такая постановка проблемы актуализирует научные исследования в сфере организационных и образовательных аспектов НБИКС-конвергенции.

В [4] при рассмотрении различных сторон образовательной конвергенции было отмечено, что в данном контексте речь может вестись об образовательных методологиях, связанных с фундаментальными процессами конвергенции знаний. Считается, что в настоящее время уже получен опыт построения мультидисциплинарных магистерских программ путём расширения классических образовательных стандартов, когда решение научно-образовательных задач в рамках предметного поля определенной науки достигается с помощью методологических конструктов и методов согласующихся научных дисциплин.

Новый уровень конвергенции знаний связывают и с осмыслением и продвижением методологий междисциплинарности, включающих разработку нового понятийного аппарата и специальных научных теорий, необходимых для постановки проблем и решения научных задач, лежащих на пересечении предметных полей интегрируемых научных дисциплин. В [4] также было отмечено, что реализация каждой междисциплинарной магистерской программы предполагает формирование соответствующей процедуры обучения в рамках программной деятельности. Процедура может порождаться междисциплинарным проектом, в процесс выполнения которого в качестве исполнителей включены обучающиеся, а преподаватель является научным руководителем их деятельности по решению практически или теоретически значимой

---

проблемы. Так образовательная модель междисциплинарной образовательной программы (МОП) инициировала реализацию ряда базовых её процедур с опорой на научно-технологические и организационные ресурсы исследовательских или проектных структур университета. Условно принцип организационного взаимодействия факультета, формирующего и реализующего МОП, и исследовательских или проектных структур университета, выполняющих образовательные процедуры при исполнении междисциплинарного проекта, можно назвать образовательным аутсорсингом. Организационно возможны различные схемы аутсорсинга. Так, успех создания и развития факультета высоких технологий (ФВТ) в ЮФУ не в последнюю очередь определялся организационной схемой образовательного аутсорсинга [5]. Последняя должна была поддерживать современные технологии управления проектами и качеством образовательных процессов и инициировать принципиальный переход при магистерской подготовке от предметной дифференцированной подачи знания к освоению интегративного знания под научным руководством по схеме образовательного аутсорсинга. В основу формирования научно-образовательной среды МОП на ФВТ ЮФУ положена резидент-агентная модель интеграции [8]. Резидент-агентная модель интеграционного развития ФВТ в виде диаграммы классов [6, 9] изображена на рис.1.

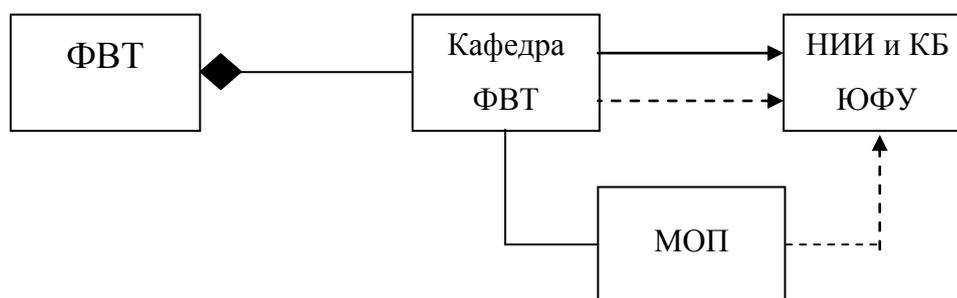


Рис.1. Резидент-агентная модель интеграционного развития ФВТ ЮФУ

ФВТ агрегирует вновь формируемые научно-образовательные кафед-



ры, являющиеся агентами факультета, но резидентно располагаемые в научных (исследовательских, проектных) структурах ЮФУ. Кафедра формирует и реализует МОП, однако целевая и содержательная часть программы, а также её ресурсное обеспечение (приборами, оборудованием, профессиональными мастерами, методиками и технологиями, наконец, ресурсами междисциплинарного проекта) определяется НИИ и КБ ЮФУ (соответствующие отношения показаны на рис.1 пунктирными стрелками, отражающими отмеченные зависимости).

Исходя из особенностей задачи междисциплинарной подготовки магистра можно сформировать систему методологических требований МОП и представить её следующим кортежем:

$$S_{\text{МОП}} = \langle Z, TA, P, D, R \rangle, \quad (1)$$

где  $Z$  – множество целей или структуры целей МОП;  $TA$  – интервал времени на котором актуальны цели образования и реализуется междисциплинарный проект;  $P$  – множество научных руководителей (педагогов), обладающих соответствующим целям интегративным знанием в предметной области МОП;  $D$  – вариативное множество актуальных дисциплин МОП;  $R$  – отношения образовательного аутсорсинга, формирующие ресурсное обеспечение МОП.

Таким образом, принципиальным отличием структуры ФВТ (см. рис.1) является низкоуровневое взаимодействие подразделений университета, за счет дополнительно созданных структурных элементов – взаимных образовательных агентов, резидентно располагаемых в структурах-участниках и, путем концентрации научно-педагогического потенциала соответствующего подразделения ЮФУ в соответствующей кафедре ФВТ, обеспечивающих эффективность научно-образовательных процессов МОП. Так формировались кафедры инфо-, нано- и измерительных технологий ФВТ, резидентно располагаемые в НИИ физики, НИИ математики и компьютерных наук и НКТБ «Пьезоприбор» [6].

---



Наконец, нельзя не признать и не отметить безусловный успех образовательной конвергенции. Именно системное взаимодействие образовательных и научных структур обеспечило конвергенцию знаний и способствовало формированию и реализации ряда новейших магистерских МОП. Поэтому естественно при исследовании НБИКС-конвергенции обратить внимание на имеющийся в целом положительный опыт, попытаться использовать его в дальнейшем при построении магистерских программ в сфере НБИКС-технологий. Действительно, каждая из технологий, развивается в ЮФУ в рамках соответствующих НИИ и КБ: физики, физической и органической химии, биологии, математики и компьютерных наук, нейрокибернетики, социологии и т.д. Каждая из указанных структур самостоятельно или в рамках резидент-агентной модели готова к образовательному аутсорсингу при формировании МОП по одной из технологий. Однако, в случае НБИКС-технологии потребуется использование стратегии множественного аутсорсинга, предполагающей формирование иерархической системы, на нижнем уровне которой представлены исследовательские и проектные структуры университета, обладающие аутсорсинговым потенциалом в каждой из НБИКС-технологий, а на верхнем – образован инсорсинговый центр, интегрирующий конкурентные преимущества резидентов с целью организации эффективного образовательного процесса и обеспечения уникальными научными ресурсами.

Методологически такого рода системы конвергентного образования определяются понятием трансдисциплинарности, предполагающей синкретическое осмысление результатов различных научно-исследовательских практик на более высоком концептуальном уровне. Основой такого концептуального осмысления является принцип трансдисциплинарного синкретизма, в рамках которого социальная реальность рассматривается как целостная упорядоченная система, носящая эмерджентный характер. В этом случае

---



конвергенция порождает целостную систему знаний, синкретически обобщающую на метатеоретическом уровне научные результаты, полученные в ходе различных дисциплинарных и междисциплинарных исследовательских практик, связанных с изучением этих сегментов [10]. Таким образом, методология конвергенции образования в свете НБИКС-технологий может быть определена как трансдисциплинарная. Исходя из этого понимания, необходимо выстраивать структуры, процессы и программы подготовки НБИКС-специалистов. Соответственно, магистерские образовательные программы, построенные в рамках указанного подхода, предлагается называть трансдисциплинарные образовательные программы (ТОП).

Модель системы, поддерживающей механизмы интеграции и обеспечивающей формирование и реализацию современных программ трансдисциплинарной магистерской подготовки, может быть представлена следующим кортежем:

$$S_{\text{ТОП}} = \langle SZ, SO, SR \rangle, \quad (2)$$

где  $SZ$  – среда формирования структуры (дерева) целей ТОП;  $SO$  – трансдисциплинарная иерархическая среда реализации ТОП;  $SR$  – среда ресурсного инсорсинга-аутсорсинга ТОП.

Согласованная интеграция сред формирования целей  $SZ$ , реализации  $SO$  и ресурсного обеспечения  $SR$  образовательной программы позволит сформировать единую научно-образовательную среду ТОП. Особенности задачи подготовки магистра ТОП-уровня принципиально исключают формирование такого рода среды только в рамках факультета или только научного учреждения и т.п. Здесь следует отметить усиление присутствия привлекаемых ресурсов по мере технологической или (и) инновационной ориентации магистра (специалиста), что, безусловно, требует соответствующей структуризации этих ресурсов в рамках системы подготовки. Второе важное наблюдение связано с взаимным управляющим (ограничивающим) влиянием сред,

---



предполагающим либо итеративность процессов в них, либо единую траекторию их развития. Далее наблюдается множественная альтернативность уровня профессиональной подготовки в соответствии с формируемыми целевыми установками ТОП. И, наконец, а точнее, самое важное, это иерархический характер формирования каждой из сред: иерархия целей, отражающая многовариантность и альтернативность образовательных траекторий; инсорсинг-центр, интегрирующий аутсорсинговый потенциал исследовательских и проектных структур; мета-среда НБИКС-конвергенции, исключая узкую специализацию базового образовательного направления.

Понятия многовариантности и альтернативности образовательных траекторий чаще всего связывают с понятиями «индивидуальная образовательная программа», «индивидуальный образовательный маршрут» и «индивидуальная образовательная траектория» [11]. Индивидуализация безусловно важна и возможна, но в данном случае имеется в виду многовариантность траекторий конвергенции знаний, отраженная соответствующей иерархической целевой структурой. Последняя должна представлять и целевые установки взаимопроникновения, и инициировать использование интеграционных механизмов, и опираться на альтернативность имеющихся и предлагаемых образовательных модулей. В отличие от междисциплинарной образовательной программы, целевая деятельность которой реализуется в рамках технологий управления проектами, ТОП выстраивает целевую траекторию конвергенции знаний в виде структуры сообщества взаимосвязи и взаимодействия участников высокотехнологичных инноваций [12].

Аутсорсинговый потенциал технологических ресурсов, накопленный и развиваемый в исследовательских и проектных структурах, подлежит интеграции в рамках инсорсинг-центра. В ЮФУ накоплен значительный опыт такого рода интеграции. Уже более 10 функционирует один из первых в Российском высшем образовании центров коллективного пользования уникаль-

---



ным наукоемким оборудованием (ЦКП) [13]. Еще до начала программы развития ЮФУ (2007-2013 г.г.) в 2005-2006 годах в Ростовском государственном университете (будущем ядре ЮФУ) был создан ЦКП «Высокие технологии». Уникальное научное оборудование встраивалось в существующие организационные научные и образовательные структуры. В случае реализации автономного проекта в его рамках формировались небольшие группы специалистов, объединенных в команду. По мере «созревания» проекта в его организационную структуру добавляются отделы и сотрудники, формируя аутсорсинговый потенциал. Развитие аутсорсинга в локальных научных структурах естественным образом породило проблему формирования организационной и информационной среды взаимодействия. Пришло осознание системности задачи, для решения которой необходим соответствующий инфраструктурный элемент ЮФУ, например, научно-образовательный инсорсинг-центр ЮФУ. Инсорсинг-центр призван инициировать организацию сервис-ориентированной среды, обеспечивающей реализацию ТОП посредством организации эффективного доступа к уникальному научному оборудованию ЦКП [13]. Приоритетом должна стать преимущественная подготовка магистров в сфере НБИКС-технологий, а также, интеграция в мировое сообщество, посредством участия в научных программах, стажировок за рубежом, приглашения из-за рубежа ведущих специалистов для чтения лекций и руководства научными проектами, обмена студентов и т.д. Созданные ТОП позволят подготовить не только высококвалифицированных специалистов и новые разработки для науки, промышленности, бизнеса и т.д., но и готовые команды, состоящие из специалистов различных специальностей, обладающие новыми технологиями и разработками. Все это вместе взятое позволит создать конкурентоспособное высокотехнологичное производство в соответствии с запросами стратегических партнеров. Поэтому структура центра инсорсинга должна быть нацелена на реализацию наукоемких проектов и динамичное

---



развитие системы услуг ЦКП в рамках научно-образовательных проектов, реализующих конкретные ТОП.

Как отмечено выше, формирование трансдисциплинарных образовательных магистерских программ с опорой на НБИКС-технологии предполагает, наряду с учетом специализации конкретного образовательного направления (например, нанотехнологии, биотехнологии и т.д.), создание метасреды на основе интеграционной образовательной программы. В идеале это может быть новая трансдисциплинарная образовательная программа «НБИКС-конвергенция». Но уже в настоящее время (с 2015 г.), в перечне федеральных стандартов имеется направление подготовки 27.04.05 «Инноватика» (уровень магистратуры), позволяющее создавать и реализовывать ТОП в сфере НБИКС-технологий. Так область профессиональной деятельности выпускников, освоивших указанную программу магистратуры, включает инновационное развитие, развитие инфраструктуры и внедрение новых технологий, а объектами их профессиональной деятельности являются программы и проекты инновационного развития и теория управления инновационными процессами. Стандартом регламентируется, что при разработке и реализации программы магистратуры организация ориентируется на конкретный вид (виды) профессиональной деятельности, к которому (которым) готовится магистр, исходя из потребностей рынка труда, научно-исследовательских и материально-технических ресурсов организации. Поэтому первые шаги создания ТОП в сфере НБИКС-конвергенции возможны в рамках указанного направления, при этом выпускник по направлению «Инноватика» осваивает, например, ТОП «НБИКС-конвергенция», имея возможность выбора в рамках вариативной части конкретной технологии из НБИКС.

Таким образом, наряду с уже апробированными междисциплинарными подходами в подготовке специалистов высокого уровня, необходимо выстраивать структуры, процессы и программы подготовки НБИКС-

---



специалистов в виде трансдисциплинарной среды. Последняя, в свою очередь, образуется в результате согласованной интеграции сред формирования целей, реализации и ресурсного обеспечения трансдисциплинарной образовательной программы. Важно отметить иерархический характер формирования каждой из сред: иерархия целей, отражающая многовариантность и альтернативность образовательных траекторий; инсорсинг-центр, интегрирующий аутсорсинговый потенциал исследовательских и проектных структур; мета-среда НБИКС-конвергенции, исключая узкую специализацию базового образовательного направления.

### Литература

1. Bainbridge, M.S., Roco, M.C. Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technologies in Society. N.Y.: Springer, 2005. 390 p.
2. Khushf, G. (2005). The Use of emergent technologies for enhancing human performance: Are we prepared to address the ethical and policy issues? Public Policy and Practice. 4(2). pp.1–17.
3. Свечкарев, В.П. Конвергентное образование на основе когнитивных технологий // Инженерный вестник Дона. 2015. №1. Ч.2 URL: [www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2887](http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2887).
4. Свечкарев, В.П. Фролова, А.С., Гура, О.Р., Рязанова, Я.Я. Конвергентное образование: социальный аспект // Инженерный вестник Дона. 2016. №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3543](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3543).
5. Панич, А.Е., Свечкарев, В.П. Факультет высоких технологий: опыт инженерного образования в классическом университете // Инженерный вестник Дона, 2007. №1. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2007/52/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2007/52/)
6. Панич, А.Е., Свечкарев, В.П., Олишевский, Д.П. Модели и механизмы интеграции учебно-научно-инновационно-технологических комплексов. Ростов на Дону: Изд-во ЮФУ, 2008. 180 с.



7. Ковальчук, М.В. Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее // Российские нанотехнологии. 2011. Том 6. №1- 2. С.13-23.

8. Панич А.Е., Свечкарев В.П. Резидент-агентная модель интеграции научно-образовательных структур // Наука и коммерциализация технологий. Сб. трудов Международной научно-технической конференции, Ростов на Дону, 20-21 апреля 2006. Ростов на Дону: Изд-во ООО «ЦВВР», 2006. С.7-12.

9. Рамбо, Дж., Блаха, М. UML 2.0. Объектно-ориентированное моделирование и разработка (Object-Oriented Modeling and Design with UML). СПб.: Питер, 2007. 544 с.

10. Лубский, А.В. Междисциплинарные научные исследования: когнитивная «мода» или социальный «вызов» // Социологические исследования. 2015. № 10. С. 3-11.

11. Шапошникова, Н.Ю. Индивидуальная образовательная траектория студента: анализ трактовок понятия // Педагогическое образование в России, 2015. № 5. С.39-44.

12. Свечкарев, В.П. Модели и механизмы взаимосвязи и взаимодействия участников высокотехнологичных инноваций: от проектного управления к многоагентному сообществу // Инженерный вестник Дона, 2009. №1. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/116/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/116/)

13. Олишевский, Д.П., Свечкарев, В.П. Модели и механизмы продвижения услуг центров коллективного пользования уникальным наукоемким оборудованием. Ростов на Дону: Изд-во ЮФУ, 2009. 128 с.

### References

1. Bainbridge, M.S., Roco, M.C. Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technologies in Society. N.Y.: Springer, 2005. 390 p.

2. Khushf, G. 2005. The Use of emergent technologies for enhancing human performance: Are we prepared to address the ethical and policy issues? Public Policy and Practice. 4(2). pp.1–17.



3. Svechkarev, V.P. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015. №1. Ч.2 URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2887>.

4. Svechkarev, V.P. Frolova, A. S., Gura, O. R., Ryazanova, Ya. Ya. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016. №1. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3543>.

5. Panich, A.E., Svechkarev, V.P. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2007. №1. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2007/52/>.

6. Panich, A.E., Svechkarev, V.P., Olishevskiy, D.P. Modeli i mekhanizmy integratsii uchebno-nauchno-innovatsionno-tekhnologicheskikh kompleksov [Models and mechanisms of integration of educational, research and innovation-technological complexes]. Rostov na Donu: Izd-vo YuFU, 2008. 180 p.

7. Koval'chuk, M.V. Rossiyskie nanotekhnologii. 2011. Tom 6. № 1-2. pp.13-23.

8. Panich A. E., Svechkarev V. P. Nauka i kommertsializatsiya tekhnologii. Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsii [Science and technology commercialization, international scientific-technical conference], Rostov na Donu, 2006. pp. 7-12.

9. Рамбо, Дж., Блаха, М. UML 2.0. Ob"ektno-orientirovannoe modelirovaniye i razrabotka [Object-Oriented Modeling and Design with UML]. SPb.: Piter, 2007. 544 p.

10. Lubskiy, A.V. Sotsiologicheskie issledovaniya. 2015. № 10. pp. 3-11.

11. Shaposhnikova, N.Yu. Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii, 2015. № 5. pp.39-44.

12. Svechkarev, V.P. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2009. №1. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/116/](http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/116/)

13. Olishevskiy, D.P., Svechkarev, V.P. Modeli i mekhanizmy prodvizheniya uslug tsentrov kollektivnogo pol'zovaniya unikal'nym naukoemkim oborudovaniem [Models and mechanisms for the promotion of services of centers for collec-



tive use of unique high-tech equipment]. Rostov na Donu: Izd-vo YuFU, 2009. 128 p.