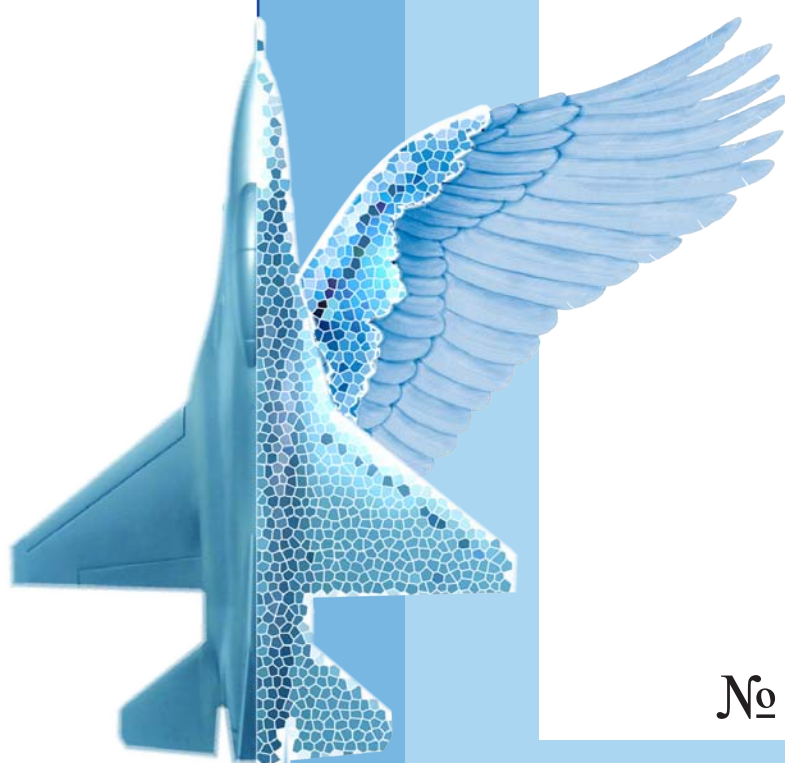


ОНТОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ



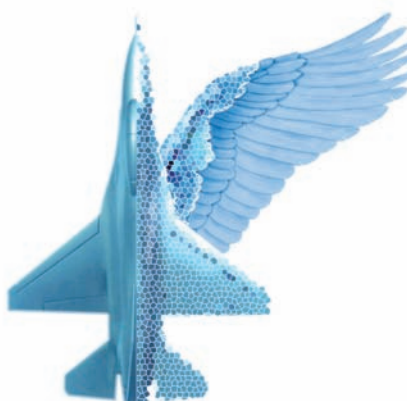
Том **5**
№ **4**(18)/2015

ОНТОЛОГИЯ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Научный журнал

Том 5

№ 4(18)



EDITORIAL BOARD – РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Anatoly I. Belousov	Белоусов Анатолий Иванович, д.т.н., профессор, СГАУ, г. Самара
Nikolay M. Borgest	Боргест Николай Михайлович, к.т.н., профессор СГАУ, член ИАОА, г. Самара
Yuri R. Valkman	Валькман Юрий Роландович, д.т.н., профессор, МНУЦ ИТиС НАН и МОН Украины, г. Киев
Stanislav N. Vasiliev	Васильев Станислав Николаевич, академик РАН, ИПУ РАН, г. Москва
Vladimir A. Vittikh	Виттих Владимир Андреевич, д.т.н., профессор, ИПУСС РАН, г. Самара
Vladimir V. Golenkov	Голенков Владимир Васильевич, д.т.н., профессор, БГУИР, г. Минск
Vladimir I. Gorodetsky	Городецкий Владимир Иванович, д.т.н., профессор, СПИИРАН, г. Санкт-Петербург
Alexander S. Kleshchev	Клещёв Александр Сергеевич, д.ф.-м.н., профессор, ИАПУ ДВО РАН, г. Владивосток
Valery A. Komarov	Комаров Валерий Андреевич, д.т.н., профессор, СГАУ, г. Самара
Sergey M. Krylov	Крылов Сергей Михайлович, д.т.н., профессор, СамГТУ, г. Самара
Victor M. Kureichik	Курейчик Виктор Михайлович, д.т.н., профессор, Технологический институт ЮФУ, г. Таганрог
Lyudmila V. Massel	Массель Людмила Васильевна, д.т.н., профессор., ИСЭМ СО РАН, г. Иркутск
Dmitry A. Novikov	Новиков Дмитрий Александрович, член-корреспондент РАН, ИПУ РАН, г. Москва
Semyon A. Piyavsky	Пиявский Семён Авраамович, д.т.н., профессор, СГАСУ, г. Самара
Yury M. Rznik	Резник Юрий Михайлович, д.филос.н., проф., Институт философии РАН, г. Москва
George Rzevski	Ржевский Георгий, профессор, Открытый университет, г. Лондон
Peter O. Skobelev	Скобелев Петр Олегович, д.т.н., НПК «Разумные решения», г. Самара
Sergey V. Smirnov	Смирнов Сергей Викторович, д.т.н., ИПУСС РАН, г. Самара
Anatoly V. Sollogub	Соллогуб Анатолий Владимирович, д.т.н., профессор, РКЦ «Прогресс», г. Самара
Peter I. Sosnin	Соснин Петр Иванович, д.т.н., профессор, УлГТУ, г. Ульяновск
Dzhavdet S. Suleymanov	Сулейманов Джавдет Шевкетович, академик, вице-президент АН РТ, г. Казань
Robert I. Tuller	Таллер Роберт Израилевич, д.филос.н., профессор, СГАУ, г. Самара
Boris E. Fedunov	Федунов Борис Евгеньевич, д.т.н., профессор, ГосНИИ Авиационных систем, г. Москва
Altynbek Sharipbay	Шарипбай Алтынбек, д.т.н., профессор, Институт искусственного интеллекта, г. Астана
Boris Ya. Shvedin	Шведин Борис Яковлевич, к.психол.н., ООО «Дан Роуз», член ИАОА, г. Ростов-на-Дону

Executive Editorial Board - Исполнительная редакция

Chief Editor Smirnov S.V.	Главный редактор	Смирнов С.В.	зам. директора ИПУСС РАН
Executive Editor Borgest N.M.	Выпускающий редактор	Боргест Н.М.	директор изд-ва «Новая техника»
Editor Kozlov D.M.	Редактор	Козлов Д.М.	профессор СГАУ
Technical Editor Simonova A.U.	Технический редактор	Симонова А.Ю.	редактор изд-ва «Новая техника»
Translation Editor Korovin M.D.	Редактор перевода	Коровин М.Д.	аспирант СГАУ

CONTACTS – КОНТАКТЫ

ИПУСС РАН

443020, Самара, ул. Садовая, 61
тел./факс.: +7 (846) 333 27 70

Смирнов С.В.
smirnov@iccs.ru

СГАУ

443086, Самара, Московское шоссе 34, корп. 10, кафедра КиПЛА
тел.: +7 (846) 267 46 47, факс.: +7 (846) 267 46 46

Боргест Н.М.
borgest@yandex.ru

Издательство «Новая техника»

443010, Самара, ул.Фрунзе, 145, тел.: +7 (846) 332 67 84, факс: +7 (846) 332 67 81

The journal has been successfully evaluated in the evaluation procedure for the ICI Journals Master List 2014 and journal received the ICV (Index Copernicus Value) of **67.46** points.

Журнал включён в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук (Письмо Департамента аттестации научных и научно-педагогических работников Минобрнауки РФ от 01.12.2015 № 13-6518).

Журнал включён в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Номер контракта 64-03/2012.

Импакт-фактор РИНЦ с учётом цитирования из всех источников **0,742** (2013 г.), **0,960** (2014 г.)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство ПИ № ФС 77-46447 от 7.09.2011 г.

http://agora.guru.ru/scientific_journal/

© Все права принадлежат авторам публикуемых статей

© Издательство «Новая техника», 2011-2015

© ИПУСС РАН, 2015

© СГАУ, 2015



Отпечатано в издательстве «Новая техника»

Подписано в печать 21.12.2015. Тираж 300 экз.

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ РЕДАКЦИИ

УМ КАК ПЕРВОПРИЧИНА	365-366
ВЕРНО ОПРЕДЕЛЯЙТЕ СЛОВА...	367-368

ПРИКЛАДНЫЕ ОНТОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Е.А. Темникова, В.С. Асламова, О.Г. Берестнева ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ УЧРЕЖДЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ	369-386
С.В. Бахвалов, О.Г. Берестнева, О.В. Марухина ПРИМЕНЕНИЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ВУЗА	387-398
В.Е. Гвоздев, Д.В. Блинова ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОМПОНЕНТОВ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ	399-410

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

С.А. Пиявский ОПТИМИЗАЦИЯ ОБОБЩЁННЫХ МНОГОЦЕЛЕВЫХ СИСТЕМ	411-428
Н.М. Боргест, С.А. Власов, Ал.А. Громов, Ан.А. Громов, М.Д. Коровин, Д.В. Шустова РОБОТ-ПРОЕКТАНТ: НА ПУТИ К РЕАЛЬНОСТИ	429-449

ГУМАНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ю.М. Резник К ФЕНОМЕНОЛОГИИ ВОЗМОЖНЫХ МИРОВ ЧЕЛОВЕКА: ЭКЗИСТЕНЦИАЛЬНАЯ ОНТОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	450-462
Ю.В. Сложеникина, А.В. Растягаев ФИЛОСОФСКИЙ ДИАЛОГ ОБ ИМЕНАХ: ПЛАТОН, СУМАРОКОВ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ	463-471
С.В. Микони ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ РУССКОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ	472-484

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СЕМИНАРЫ	485-486
РЕКОМЕНДУЕМЫЕ КНИГИ	487
НАШИ ЮБИЛЯРЫ	488

CONTENT

FROM THE EDITORS

THE MIND AS THE ROOT CAUSE 365-366

CORRECTLY DEFINES THE WORDS... 367-368

APPLIED ONTOLOGY OF DESIGNING

E.A. Temnikova, V.S. Aslamova, O.G. Berestneva 369-386
ONTOLOGICAL DOMAIN MODELING
INSTITUTIONS OF ADDITIONAL PROFESSIONAL EDUCATION

S.V. Bahvalov, O.G. Berestneva, O.V. Marukhina 387-398
ONTOLOGICAL MODELING APPLIED TO PROBLEMS
OF UNIVERSITY EDUCATIONAL PROCESS ORGANIZATION

V.E. Gvozdev, D.V. Blinova 399-410
ONTOLOGICAL ANALYSIS OF DEFECTS AT THE DESIGNING
OF HARDWARE-SOFTWARE COMPLEXES

METHODS AND TECHNOLOGIES OF DECISION MAKING

S. A. Piyavsky 411-428
OPTIMIZATION OF GENERALIZED MULTI-PURPOSE SYSTEMS

**N.M. Borgest, S.A. Vlasov, Al.A. Gromov An.A. Gromov,
M.D. Korovin, D.V. Shustova** 429-449
ROBOT-DESIGNER: ON THE WAY TO REALITY

PHILOSOPHICAL AND LINGUISTIC ASPECTS OF DESIGNING

Y.M. Resnick 450-462
TO A PHENOMENOLOGY OF POSSIBLE WORLDS:
HUMAN EXISTENTIAL ONTOLOGY OF DESIGNING

Yu.V. Slozhenikina, A.V. Rastyagaev 463-471
PHILOSOPHICAL DIALOGUE ABOUT THE NAME
OF PLATO, SUMAROKOV AND CURRENT STATE OF PROBLEM

S.V. Mikoni 472-484
PROBLEMS OF MODERN RUSSIAN TERMINOLOGY

SCIENTIFIC CONFERENCES AND SEMINARS 485-486

RECOMMENDED BOOKS 487

OUR ANNIVERSARIES 488



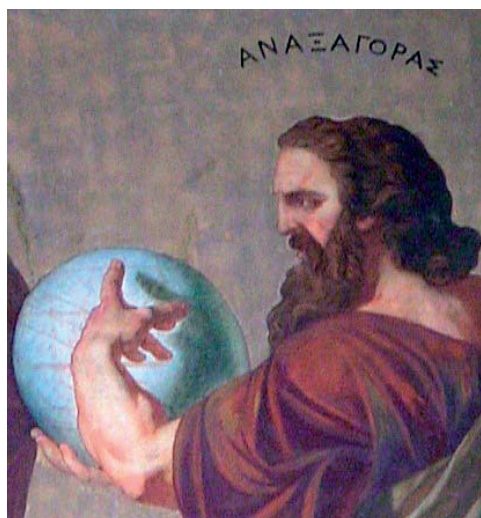
УМ КАК ПЕРВОПРИЧИНА THE MIND AS THE ROOT CAUSE

Целью жизни является теоретическое познание
и происходящая отсюда свобода.

Анаксагор¹

**Дорогой наш читатель,
уважаемые авторы и члены редакционной коллегии!**

Продолжая нашу традицию, вспомним того, кто предложил оригинальную модель первопричины физических изменений в бытии. Каждый из нас готов состязаться в этом, но сегодня слово нашему гостю из прошлого - это *Анаксагор* (ок. 500 - 428 до н.э.), греческий философ и учёный, основоположник афинской философской школы². Чем же примечателен для нас Анаксагор, кроме того, что он с ранних лет отказался от удовольствий, на которые мог рассчитывать, и пристрастился к философии³, что первым стал излагать философию в общедоступной форме, и что кроме самого Перикла, его учениками были Фукидид, физик Архелай и Еврипид⁴?



Анаксагор объяснял естественными причинами такие явления, как солнечное и лунное затмения, землетрясения и т.п. В бесконечном разнообразии видимых явлений он принимал не одну первичную стихию, вроде воды, воздуха или огня, а бесчисленное множество бесконечно малых первичных материальных частичек, *омеомерий*. Омеомерии («семена вещей») были выведены из хаотического состояния другим, материально мыслимым началом - *разумом* (ум), и этим движением был создан мир. Анаксагор рассматривает ум как субстанцию, которая входит в состав живых существ. Во всем, говорил он, есть часть всего, кроме ума, а некоторые вещи содержат также и ум. Ум имеет власть над всеми вещами, обладающими жизнью; он бесконечен и управляет сам собой.

Ум – источник всякого движения. Ум единообразен: в животном и в человеке. Видимое превосходство человека обусловлено лишь наличием у него рук, а все кажущиеся различия ума в действительности связаны с телесными различиями. И Аристотель, и Сократ выражали сожаление, что Анаксагор, введя ум, мало его использует. Аристотель указывал, что Анаксагор вводит *ум как причину* только тогда, когда он не знает другой причины.

Анаксагор первый объяснил, что Луна светит отражённым светом, дал правильную теорию затмений и считал, что Луна находится ниже Солнца. Солнце и звезды, говорил он, – горящие камни, но мы не чувствуем жара звёзд, потому что они слишком далеко от нас. На Луне есть горы, и она (как он думал) населена. Он первым предположил, что Солнце - шар.

¹ На рисунке фрагмент фрески «Анаксагор» в Национальном университете Афин. Авторы - Э. Лебедзицкий и К. Раль, 1888.

² Рассел Б. История западной философии. Глава VIII. АНАКСАГОР. С.54-56 - <http://mathcenter.spb.ru/nikaan/phylo/rassel.pdf>

³ Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона (1890—1907) - <https://ru.wikisource.org/wiki/ЭСБЕ/Анаксагор>

⁴ Новая философская энциклопедия: В 4 тт. / Под редакцией В.С. Стёпина. - М.: Мысль, 2001.

http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/54/ΑΝΑΞΑΓΟΡ

Анаксагор полагал, что *познано* может быть только *неодинаковое и противоречивое*. Впоследствии Гегель развил эту идею, указав что «противоречие... есть корень всякого движения и жизненности; лишь поскольку нечто имеет в самом себе противоречие, оно движется, имеет побуждение и деятельно»⁵.

Известная теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) построена на устранении противоречий и наглядно демонстрирует применение философских обобщений в проектной практике и конструктивных методиках. Причём обычно рассматриваются технические противоречия, приёмы разрешения которых не лишены недостатков⁶, так как эти приёмы формировались на основе прошлого опыта изобретателей. Поэтому в ТРИЗ появилось понятие физического противоречия - когда условиями задачи к объекту предъявляются противоположные требования. Задача же без противоречий возникает только тогда, когда нет ограничений на включение в систему дополнительных элементов и дополнительных ресурсов.

Рассматривая психологические механизмы в деятельности человека при работе с противоречиями, исследуются состояния сознания и подсознания субъекта при переработке противоречивой информации. В сознании доминируют рассудочные оценки, действует та шкала ценностей, которая согласуется с нормами культурной среды субъекта. Оценивая эту информацию, человек склонен отдать предпочтение тем компонентам, которые соответствуют его стереотипам, штампам, вписываются в систему ценностей и приоритетов, действующих на уровне сознания. В подсознании же может оказаться принципиально иной субъективная значимость оцениваемых компонентов: то, что в сознании выступало как доминирующее, в подсознании может потерять свою значимость, и наоборот. Вследствие этого компоненты информации, воспринимавшиеся на уровне сознания как более существенные, на уровне подсознания могут восприниматься как менее значимые. Если субъект признаёт это несоответствие, то создаётся мощный очаг внутреннего напряжения, устранение которого требует реорганизации системы восприятия мира с целью снятия данного противоречия. Уже сама внутренняя готовность субъекта признать противоречие является мощным эвристическим фактором, позволяющим задействовать подсознание, уменьшить за счёт этого негативное влияние сложившихся стереотипов и найти более эффективное решение⁶.

Вот и мы на уровне подсознания ощущаем потребность опираться на плечи ушедших гигантов, видя в этом залог успешности журнала и развиваемого научного направления.

⁵ Новейший философский словарь. - Минск: Книжный Дом. А.А. Грицанов, 1999.
http://dic.academic.ru/dic.nsf/dic_new_philosophy/988/ПРОТИВОРЕЧИЕ

⁶ Шимукович П.Н. ТРИЗ-противоречия в инновационных решениях. - См. рекомендуемые книги в конце номера.

ВЕРНО ОПРЕДЕЛЯЙТЕ СЛОВА⁷...

«Нельзя играть и манипулировать словами... каждый термин должен быть понятен, прозрачен, должен иметь единообразное понимание и единообразно понимаемые критерии...»

Владимир Путин
Из выступления Президента РФ
на 70-й сессии Генассамблеи ООН
28 сентября 2015 г.

Все, от школьного учителя до Президента страны озабочены точностью формулировок. Касается ли это учебника или международного законодательного акта – всегда важен смысл передаваемой информации на языке страны её производителя...

В содержании этом номере журнала впервые тематически обозначены разделы, в которые помещены статьи, как всегда прошедшие строгое рецензирование. Всего в журнале в рамках направления онтология проектирования планируется публикация статей по четырём разделам: три раздела в области технических наук (прикладные онтологии проектирования, инжиниринг онтологий, методы и технологии принятия решений) и один раздел в области гуманитарных наук (это философские, психологические, лингвистические аспекты проектной деятельности).

Внимание к гуманитарной составляющей обусловлено, в том числе, как вполне прагматическими соображениями, которые лежат в области проектной лингвистики, психологии и философии проектирования, так и тем интересом, который связан с решением амбициозных задач, стоящих перед российской наукой.

Технические науки в этом номере журнала представлены двумя разделами: прикладные онтологии проектирования; методы и технологии принятия решений. В первый раздел вошли статьи из университетов Томска, Иркутска, Уфы. Статьи посвящены вопросам применения онтологического моделирования в конкретных предметных областях.

Заведующий кафедрой автоматизированных систем Иркутского национального исследовательского технического университета С.В. Бахвалов, профессор О.Г. Берестнева и доцент О.В. Марухина из Института кибернетики Томского национального исследовательского политехнического университета рассматривают задачи организации учебного процесса в университете.

Молодой кандидат наук Е.А. Темникова из Иркутского государственного университета путей сообщения и доктора наук В.С. Асламова (Иркутск) и О.Г. Берестнева (Томск) исследуют онтологические модели учреждения дополнительного профессионального образования.

Профессор В.Е. Гвоздев и доцент Д.В. Блинова из Уфимского государственного авиационного технического университета посвятили свою статью онтологическому анализу дефектов при проектировании компонентов аппаратно-программных комплексов.

В разделе методы и технологии принятия решений профессор С.А. Пиявский из Самарского государственного архитектурно-строительного университета не изменил своим пристрастиям к векторной оптимизации и в своей статье расширяет понятие простой многоцелевой системы и предлагает точные алгоритмы оптимизации интегральных и гарантирующих систем, демонстрируя их на примерах.

Профессор кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов СГАУ Н.М. Боргест со своими учениками представили материал перспективных исследований по интеллектуализации проектной деятельности в области предварительного проектирования самолёта на примере созданного ими демонстрационного образца «Робота-проектанта».

⁷ Крылатая фраза *Рене Декарта*: «Верно определяйте слова, и вы освободите мир от половины недоразумений», - не раз упоминалась и ещё много раз будет напоминать нам о важности «договорённости» в употреблении терминов и понятий.

Гуманитарный раздел номера журнала открывает статья профессора Ю.М. Резника, который организовал и с увлечением проводит междисциплинарный семинар «Онтология проектирования» в Институте философии РАН (Москва). Философ вводит и обосновывает понятие «онтологический проект», которое характеризует должностную возможность бытия человека как особого сущего, реализуемую в конкретных условиях места и времени.

Доктора филологии Ю.В. Сложеникина и А.В. Растягаев из Самары в своей статье анализируют заочный философский диалог об именах Платона и Сумарокова, предлагая свой взгляд на соотношения языка и мышления, на роль мышления в образовании терминов.

Профессор С.В. Микони из Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации откликнулся на наше приглашение высказаться по поводу современной русской научной терминологии. В публикуемой статье профессор отмечает в качестве особенности нашей русской традиции терминотворчества – «чрезмерное заимствование иностранных слов», которое подчёркивает «языковую границу и... технологическое отставание России от европейских государств», и лишь «демонстрацию учёности в научных трудах». Он наглядно показывает, что широко используемое определение онтологии в информатике «онтология – эксплицитная спецификация концептуализации»⁸ есть ни что иное как калька с языка оригинала. При этом профессор С.В. Микони демонстрирует как без ущерба для смысла можно дать определение этого термина, используя русские термины и понятия, например: «онтология – это модель предметной области на языке понятий»...

Бесспорно, преимущество гуманитариев в их свободном описательном взгляде на процессы, в лучшем понимании и знании природы субъекта, в их «слабой привязке» к существующим артефактам, которая характерна для инженеров, создателей машин, систем и среды обитания. Поэтому редакция журнала выражает надежду на появление «божьей искры» на стыке технических и гуманитарных знаний, ожидая при этом от представителей гуманитарных наук больше конструктива, выход на обобщения, которые в перспективе могут быть использованы в инженерных изысканиях.

Для проектанта, исследователя, создателя машин важно помнить о своей ответственности за будущее, о последствиях искусственного преобразования среды. Думается, что и гуманитариям будет интересно знать о достижениях и намерениях в технических областях, которые **не замедлят сказаться на жизни будущих поколений.**

Н.В.

Для тех авторов, которые стремятся получить учёную степень и которым есть что сказать нашим читателям, сообщаем о включении журнала «Онтология проектирования» с 1 декабря 2015 года в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук (Перечень ВАК).

8 декабря 2015 года коллеги из Международной индексируемой базы данных научных изданий Коперник⁹ сообщили нам, что журнал “Ontologia projektovania” (ISSN 2223-9537) успешно прошёл процедуру оценки ICI, включён в Основной список журналов 2014 (ICI Journals Master List 2014) и получил значение Индекса Коперника (Index Copernicus Value) ICV 2014 равное 67.46 пунктам. По этому показателю наш журнал занял 1328 место в Основном списке 2014, включающем 6286 международных научных журналов.

⁸ Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. - СПб.: Питер, 2000. - 384 с.

⁹ ICI - Index Copernicus International - <http://indexcopernicus.com>

ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ УЧРЕЖДЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Е.А. Темникова^{1а}, В.С. Асламова^{1б}, О.Г. Берестнева²

¹Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия
^аtemnikova_ea@bk.ru, ^бaslamovav@yandex.ru

²Институт кибернетики
Национального исследовательского Томского политехнического университета, Томск, Россия
ogbb@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматривается возможность и опыт использования онтологического моделирования для концептуального описания конкретной предметной области, а также для повышения эффективности поиска и категоризации информации. Описаны этапы построения онтологической модели предметной области на примере Института дополнительного профессионального образования с помощью редактора Protégé 4.2. Приведены примеры: описания классов и индивидов, наполняющих предметную область, а также отношений между ними; выполнения SPARQL-запросов к данным; описания классов и отношений между ними с помощью языка логики предикатов первого порядка. Представлена сетевая модель предметной области (семантическая сеть). Перечислены достоинства онтологического моделирования предметной области. Сформулированы задачи дальнейших исследований по оптимизации процессов анализа и обработки информации в учреждении дополнительного профессионального образования с использованием разработанной онтологии предметной области.

Ключевые слова: онтология, семантическая сеть, редактор онтологий, SPARQL-запросы, дополнительное профессиональное образование, интеллектуальные системы.

Введение

Обеспечение высокого уровня интероперабельности информационных систем часто реализуется за счёт открытости интерфейсов доступа к информационным сервисам или путём использования единого формата для обмена данными (XML). Такой подход позволяет решить задачу синтаксической интероперабельности, но не задачу идентификации синтаксически различных моделей представления одной и той же информации. Семантическая интероперабельность может быть реализована на основе единого представления данных предметной области в рамках онтологического подхода.

Под онтологией понимается совокупность объектов, их свойств, отношений и ограничений, выражающих семантику определенного приложения. Для представления знаний предметной области (ПрО) обычно рекомендуется использовать язык OWL (Ontology Web Language), разработанный консорциумом W3C [1]. Онтологические модели могут специфицировать ПрО, информационные ресурсы и модели пользователей, они предоставляют исследователю следующие возможности:

- декларативного описания знаний;
- структуризации и категоризации области знаний;
- описания системы понятий ПрО на логическом, концептуальном и графическом уровнях;
- управления информационными потоками;

- реализации SPARQL – запросов (поиск, категоризация информации);
- выявления закономерностей (вывод умозаключений по ассоциативным связям, избавление от многозначности) и анализа ПрО экспертами;
- отражения смысла в метаданных, формирования пространств имен, словарей, квалификаторов на языках RDF, OWL.

Существует большое количество способов классифицировать онтологии. Предполагаемая область применения и цель создания онтологии могут влиять на её объём и содержимое. Немаловажным является ответ на вопрос, какую пользу может принести разработка и дальнейшее использование онтологии при решении поставленной задачи.

Одной из наиболее важных задач, по мнению авторов, является разработка прикладных онтологий для программных систем, функционирующих в пространстве информационной среды. Программное обеспечение информационной системы следует разрабатывать на основе современных интеллектуальных компьютерных технологий (мультиагентные системы, системы интеллектуального поиска, экспертные системы и др.). В современных интеллектуальных системах (ИС) основой базы знаний, её каркасом, как правило, являются прикладные онтологии, обеспечивающие эффективное функционирование систем. Их построение – наиболее ответственный и сложный этап в разработке ИС [2].

Своей задачей авторы видели создание информационной системы поддержки принятия решений для учреждения дополнительного профессионального образования, которая будет основываться на прикладной онтологии предметной области Института дополнительного профессионального образования (ИДПО) при Иркутском государственном университете путей сообщения.

Для построения онтологии избранной ПрО использовался редактор Protégé 4.2, являющийся локальной, свободно распространяемой Java-программой. С помощью этого редактора можно создавать, изменять, просматривать, объединять, расширять, а также адаптировать онтологии под разные форматы данных (текстовый, XML, RDF(S), OWL и др.). Protégé 4.2 имеет богатый набор операторов, основан на логической модели данных, позволяющей создавать определения, которые соответствуют неформальному описанию [3, 4]. Следовательно, определения сложных понятий могут быть построены на определениях более простых понятий. Кроме того, логическая модель позволяет использовать рассуждения, способные проверять взаимную согласованность утверждений и определений в онтологии, а также соответствие концепций заданным определениям [5].

1 Описание данных на RDF

Для создания онтологической модели необходимо владеть формальными средствами проектирования онтологий (программными инструментами типа редактора онтологий Protege и формальными языками представления знаний, например OWL, RDF), а также системно представлять организацию конкретной ПрО.

Созданная онтология кодируется на языке OWL, который фактически является надстройкой над RDF/RDFS и поддерживает эффективное представление онтологий в терминах классов и свойств, обеспечение простых логических проверок целостности онтологии, а также объединение онтологий. Специфика RDF (Resource Description Format) опирается на более ранние стандарты (URI, XML и XML Schema) [6].

Базовой структурной единицей RDF является триплет «Субъект–Предикат–Объект», который называется RDF-графом. В качестве вершин выступают субъекты и объекты, а в качестве дуг – предикаты [7]. С математической точки зрения триплет представляет собой экземпляр элемента некоторого бинарного отношения.

Например, информация о слушателе курсов повышения квалификации содержит поля: *идентификатор; фамилия; имя; отчество; номер телефона* (таблица 1).

Таблица 1 – Информация о слушателе курсов повышения квалификации

Идентификатор	Фамилия	Имя	Отчество	Телефон
1	Брусенко	Иван	Викторович	89247002130
2	Волкова	Татьяна	Юрьевна	85007022201

Каждая строка соответствующей реляционной таблицы представляет экземпляр класса «Клиент». Элементы соответствующих столбцов выступают как свойства индивидов класса, что выражается в языке RDF путем описания экземпляров класса «Свойство»: *rdf:Property*. Чтобы выразить на языке RDF этот факт, используется специальный предикат *rdf:type*.

Объявляем поля как специальные свойства:

(Клиент: идентификатор, *rdf:type*, *rdf:Property*);
 (Клиент: фамилия, *rdf:type*, *rdf:Property*);
 (Клиент: имя, *rdf:type*, *rdf:Property*);
 (Клиент: отчество, *rdf:type*, *rdf:Property*);
 (Клиент: номер_телефона, *rdf:type*, *rdf:Property*).

Описываем сами данные:

(Клиент: Клиент1, Клиент: идентификатор, 1);
 (Клиент: Клиент1, Клиент: фамилия, Брусенко);
 (Клиент: Клиент1, Клиент: имя, Иван);
 (Клиент: Клиент1, Клиент: отчество, Викторович);
 (Клиент: Клиент1, Клиент: номер_телефона, 89247002130);
 (Клиент: Клиент2, Клиент: идентификатор, 2);
 (Клиент: Клиент2, Клиент: фамилия, Волкова);
 (Клиент: Клиент2, Клиент: имя, Татьяна);
 (Клиент: Клиент2, Клиент: отчество, Юрьевна);
 (Клиент: Клиент2, Клиент: номер_телефона, 85007022201).

Язык логики предикатов первого порядка имеет ёмкий и аккуратный вид, если представить, что таблицы являются предикатами [8, 9]. Например, клиент (слушатель группы) работает в организации. Это отношение между клиентом и организацией в предикатной форме может принять следующий вид:

$P1.1 = \text{Работает}(\text{Клиент}; \text{Организация}),$

далее данное высказывание можно представить как:

$$\forall x((H(x) \rightarrow M(x)) \wedge H(\text{Брусенко})) \rightarrow M(\text{ООО_Реактив}),$$

где x принимает значения: H – быть клиентом; M – работать в организации.

2 Формирование базовых элементов OWL-онтологии в Protégé 4.2

Любая OWL-онтология имеет заголовок (рисунок 1) и тело. В заголовке содержится информация о самой онтологии (версия, примечания), об импортируемых онтологиях, а тело, которое следует за заголовком, содержит описания классов, свойств и экземпляров (индивидов класса).

Процесс создания онтологии при помощи редактора Protégé 4.2 в общем виде состоит из четырех этапов:

- выделение основных понятий (классов) предметной области и отношений между ними, создание непротиворечивых определений для основных понятий и определение терминов, связанных с ними;

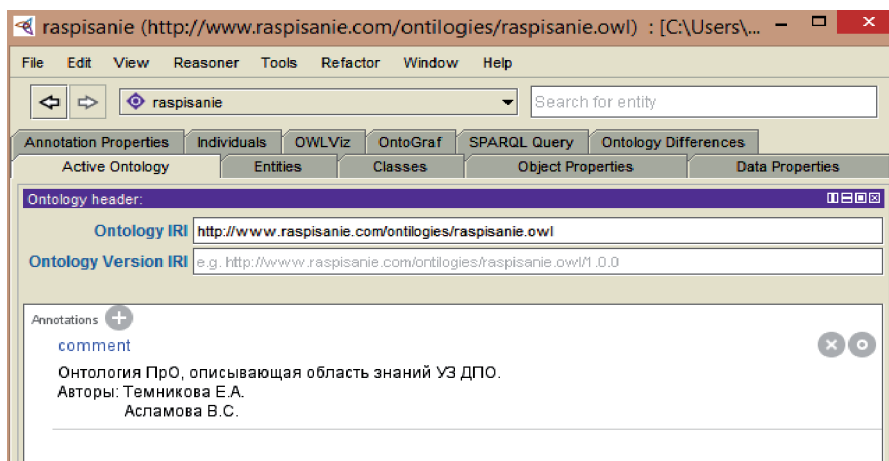


Рисунок 1 – Заголовок онтологии предметной области

- построение таксономии терминов;
 - выбор языка для представления онтологий (в Protégé 4.2 изначально предопределен язык OWL);
 - задание фиксированной концептуализации на выбранном языке [10].
- Рассмотрим более подробно практическую реализацию каждого этапа.

2.1 Описание классов

Основными компонентами онтологии являются классы (owl:Class), которые описываются с помощью формальных конструкций. Созданная иерархия классов ПРО ИДПО представлена на рисунке 2.

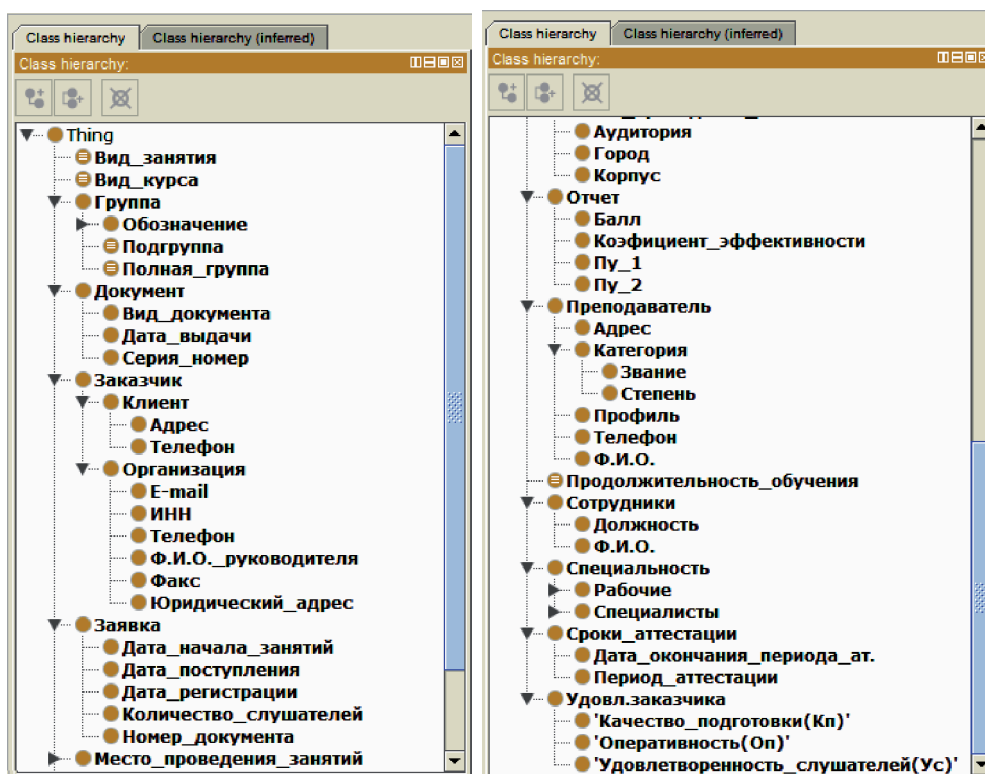


Рисунок 2 – Иерархия классов (дерево классов)

В созданной онтологии классы организованы в таксономию – иерархию связей вида «подкласс–суперкласс», которые определяется автоматически системой логического вывода (*Reasoner*), при условии правильного построения иерархии. Заранее предопределён класс **THING**, который представляет набор, содержащий все объекты ПрО, поэтому все классы являются подклассами **THING** [11].

По умолчанию классы в OWL могут пересекаться. Для того чтобы разделить классы, их необходимо сделать непересекающимися (*Disjoint Classes*). Это гарантирует, что индивид не сможет быть экземпляром более чем одного класса. Например, персональные данные преподавателя не могут быть одновременно персональными данными слушателя.

Кроме описания именованных классов через суперклассы и анонимных классов через ограничения, OWL позволяет определять класс списком индивидов, являющихся его членами – *перечислимый класс* [11]. В Protégé 4.2 перечислимые классы определяются с помощью редактора выражений (*Class expression editor*), в котором индивиды, составляющие перечислимый класс, задаются списком имен.

В созданной прикладной онтологии определены следующие перечислимые классы:

- «Вид_занятия», включающий в себя индивиды: лекция, лабораторная, практика;
- «Вид_курса», наполненный индивидами: недельные, двухнедельные курсы и семинар;
- «Продолжительность_обучения», содержащий индивиды: 40_часов и 72_часа, 6_часов.

На рисунке 3 представлена панель описания перечислимого класса «Продолжительность_обучения».

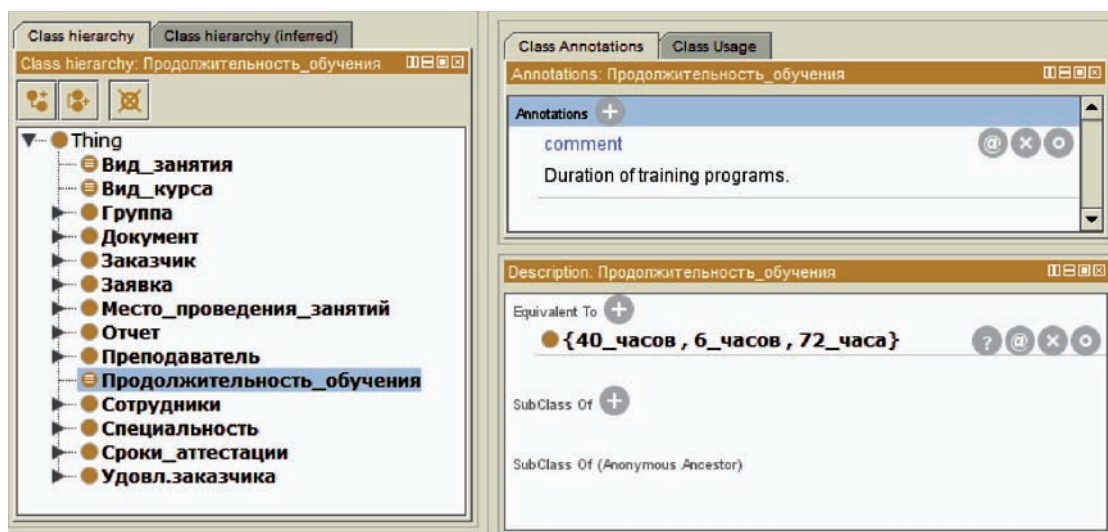


Рисунок 3 – Панель описания перечислимого класса «Продолжительность_обучения»

2.2 Наполнение классов индивидами

Индивиды (экземпляры классов или свойств) определяются при помощи аксиом индивидов (фактов):

- факты членства индивидов в классах и факты о значениях свойств индивидов;
- факты идентичности/различности индивидов.

Пример аксиом индивида первого вида:

```
<Организация rdf:ID = «ООО_Ангария»>
  <имеетКонтактныйТелефон rdf:resours = «8(3955)52-27-90»/>
<Организация/>
```

Данная аксиома устанавливает сразу два факта: индивид класса «Организация» имеет имя «ООО_Ангария»; этот индивид связан свойством «имеетКонтактныйТелефон» с индивидом «8(3955)52-27-90», определённым в другом месте (класс «Номер_телефона»).

Аксиомы второго типа нужны для определения идентичности индивида, поскольку в OWL не делается предположений о различии или совпадении двух индивидов, имеющих различные идентификаторы URI. Подобные положения выражаются через следующие утверждения [11]:

- *owl:sameAs* (две ссылки URI ссылаются на один и тот же индивид);
- *owl:differentFrom* (две ссылки URI ссылаются на разные индивиды);
- *owl:AllDifferent* (определяет список попарно различных индивидов).

Для создания индивидов в Protégé 4.2 используется закладка *Individuals*.

В рассматриваемой ПрО были описаны индивиды, наполняющие классы ПрО, а также заданы их свойства [11]. В качестве наглядного примера на рисунке 4 представлена панель описания индивида, где индивид «Вербитская_Татьяна_Николаевна» является экземпляром подкласса «Ф.И.О.», класса «Преподаватель». Ему присвоены свойства: «имеет_адрес», связывающее преподавателя с его местом жительства «Иркутск_ул.Лермонтова_26-67»; свойство «имеет_учёное_звание», которое определяет, что данный преподаватель является доцентом; «имеет_ученую_степень» (здесь - кандидат технических наук); «имеет_телефон» и «преподаватель_ведет_дисциплину», которое связывает индивида «Вербитскую_Татьяну_Николаевну» с дисциплиной «ТБ_гидротехнических_сооружений», а также другие возможные отношения индивида, позволяющие связать его с конкретными экземплярами классов [12].

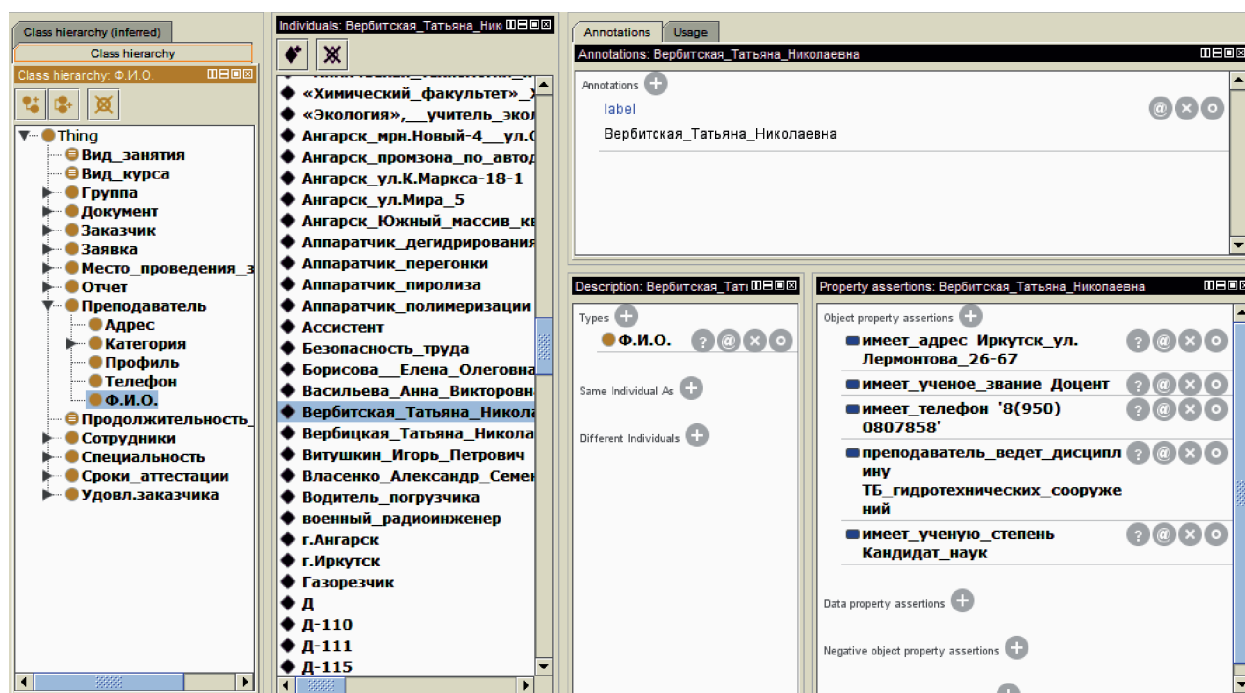


Рисунок 4 – Панель описания индивида

Отдельные индивиды могут ссылаться на других таким образом, чтобы быть «тем же» или «отличным от». В редакторе Protégé 4.2 эти свойства можно задать с помощью характеристик *owl:sameAs* и *owl:AllDifferent*.

При создании классы и индивиды имеют только имя, в дальнейшем в процессе описания им задаются свойства.

2.3 Описание свойств классов и типов данных

Свойства (*rdf:Property*) в OWL представляют отношения, которыми связаны между собой классы или индивиды. В данном языке описания онтологии существует два основных типа свойств:

- свойства объектов (*owl:ObjectProperty*) являются отношениями между двумя классами или индивидами;
- свойство типа данных (*owl:DatatypeProperty*) связывает индивида со значением типа данных схемы RDF (определяет связи между индивидом и значениями данных).
- На рисунке 5 отображена панель описания свойств объектов Про.

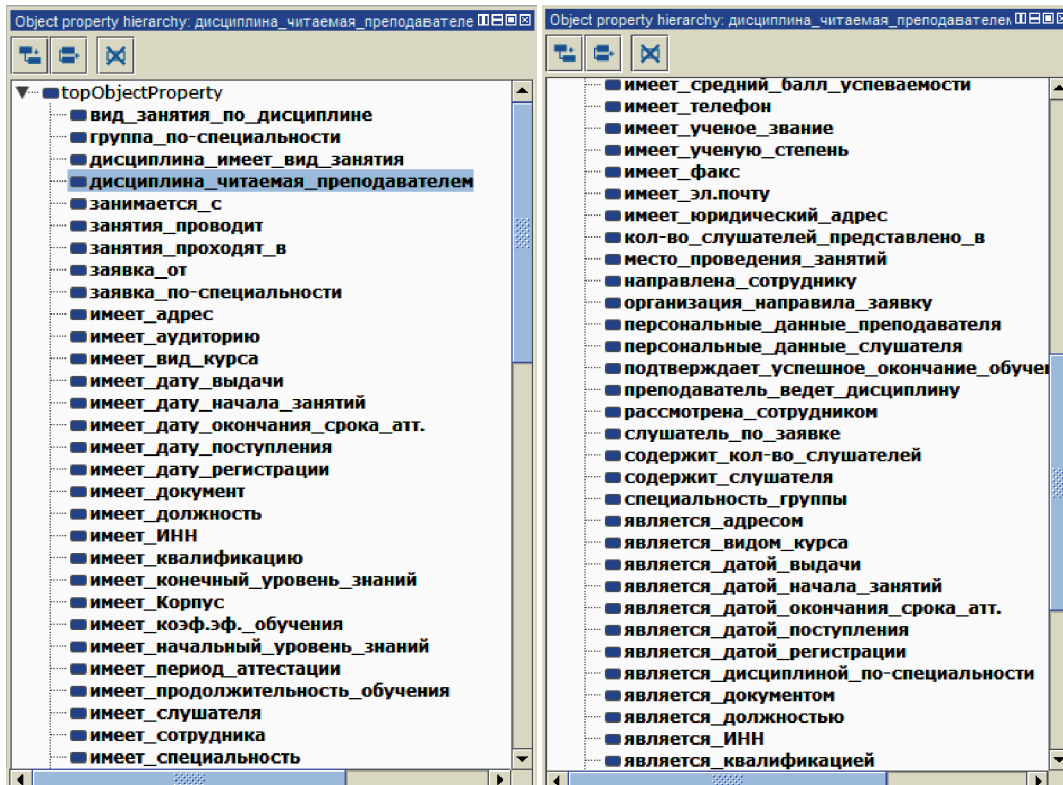


Рисунок 5 – Панель описания множества свойств, присущих объектам предметной области

Для определения новых свойств, таких как экземпляров *owl:ObjectProperty* или *owl:DatatypeProperty*, используются аксиомы свойств, которые имеют следующий вид:

`<owl:ObjectProperty rdf:ID = «дисциплина_читаемая_преподавателем»/>.`

Каждое свойство объекта может иметь соответствующее обратное свойство. Если свойство связывает индивида *A* с некоторым индивидом *B*, то его обратное свойство (*owl:inverseOf*) связывает индивидов *B* и *A*. Например, свойство «является_средним_баллом_успеваемости» будет обратным к свойству «имеет_средний_балл_успеваемости» (см. рисунок 6). Таким образом, если слушатель имеет средний балл успеваемости $B_{cp} = 8.5$, то B_{cp} , в свою очередь, закреплён за этим слушателем.

Среди множества свойств объектов разработанной прикладной онтологии существует большое количество подобных приведенному примеру инверсий [13]: «Клиент – Организация», «Специальность – Группа», «Преподаватель – Дисциплина» и т.д.

Помимо обратных свойств объектов существуют и другие характеристики свойств, позволяющие обогатить их значения [11]:

- функциональные свойства (*owl:FunctionalProperty*);

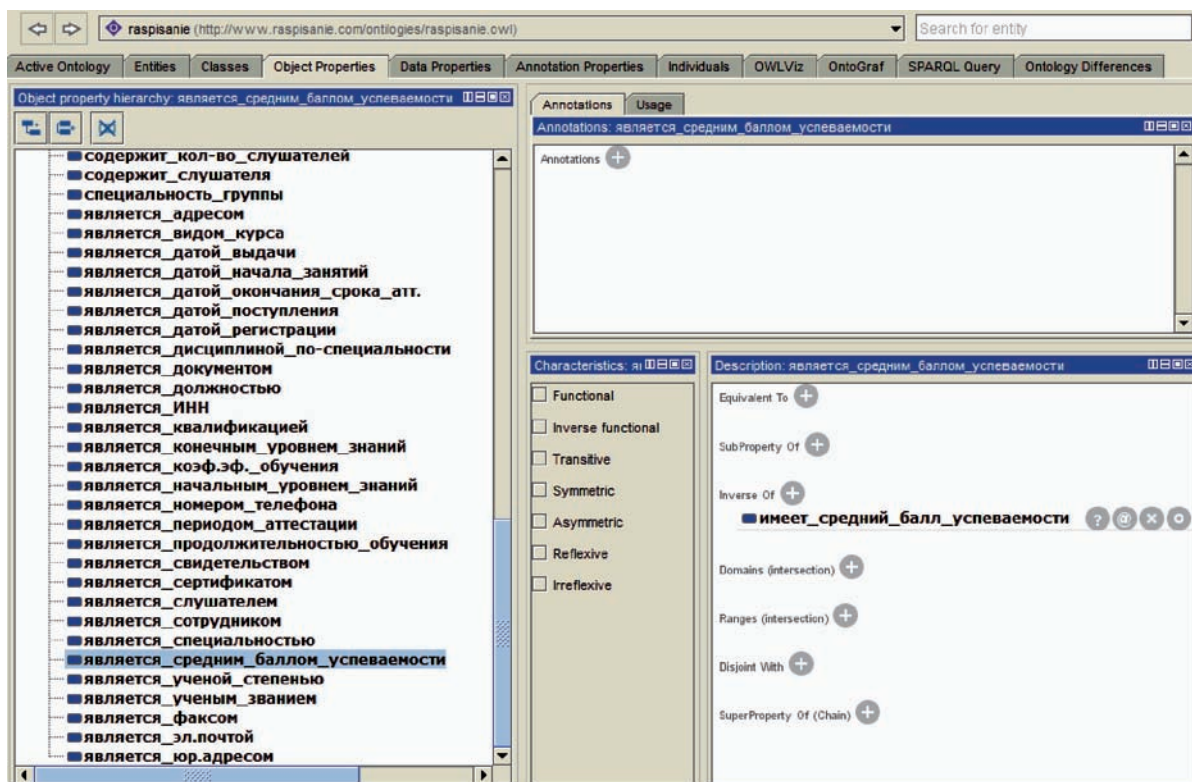


Рисунок 6 – Панель характеристик свойств

- обратные функциональные свойства (*owl:InverseFunctionalProperty*);
- транзитивные свойства (*owl:TransitiveProperty*);
- симметричные свойства (*owl:SymmetricProperty*);
- асимметричные свойства (*owl:AsymmetricProperty*);
- рефлексивные свойства (*owl:ReflexiveProperty*);
- иррефлексивные свойства (*owl:IrreflexiveProperty*).

На рисунке 7 представлена панель описания свойств типа данных объектов.

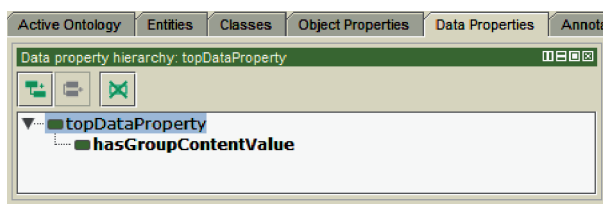


Рисунок 7 – Панель описания свойств типа данных

Свойства типа данных могут включать в себя целые и натуральные числа, строки, логические значения и т.д. Также свойство типа данных можно использовать для указания ограничений (диапазона численных значений). Так для описания наполняемости групп двух классов категоризации, которые являются непересекающимися: «Полная_группа» и «Подгруппа», используется свойство «*hasGroupContentValue*» (см. рисунок 8).

Таким образом, подклассами класса «Группа» будут: класс «Полная_группа», включающий в себя индивиды ТБ.5-14 и ЗС-14, наполняемость которых будет больше или равна пятнадцати (см. рисунок 8а); класс «Подгруппа», который включает индивиды ТБ.5-14-1, ТБ.5-14-2 и ЗС-14-1; ЗС-14-2, наполняемость которых будет строго меньше пятнадцати (см. рисунок 18б) [14].

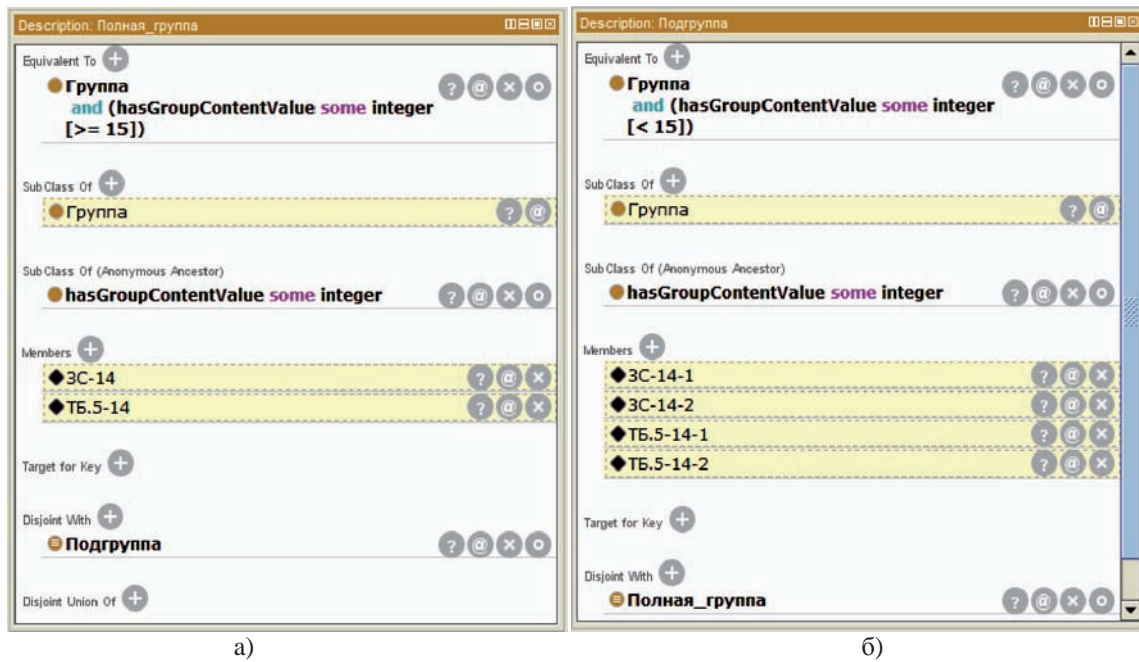


Рисунок 8 – Панели описания классов: а) «Полная_группа», б) «Подгруппа»

Ограничение *hasValue* описывает набор отдельных индивидов, имеющих, по крайней мере, одно отношение по указанному свойству для конкретного класса.

В качестве примера на рисунке 9 описаны свойства класса «Промышленная_безопасность», свойство аннотации данного класса, индивиды, наполняющие его, и определено его отношение с суперклассами «Дисциплины» и «Специалисты».

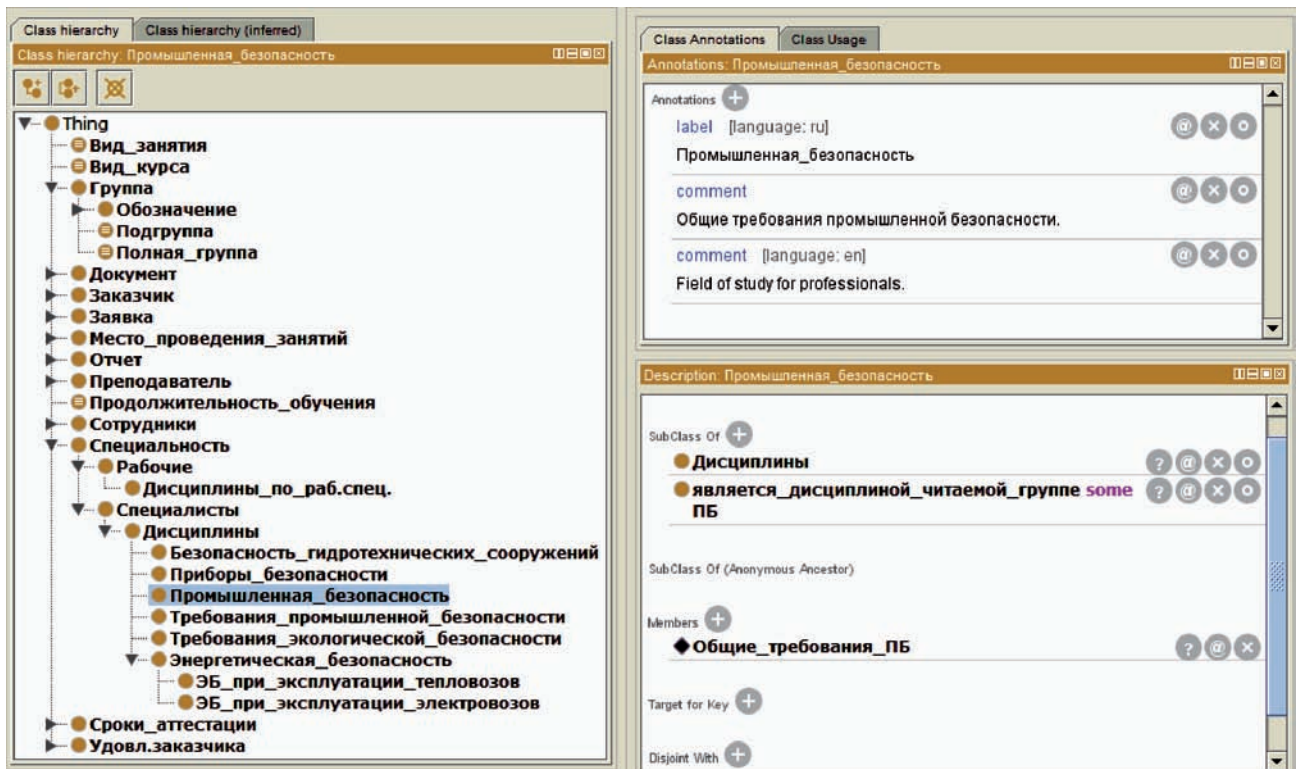


Рисунок 9 – Панель описания класса «Промышленная_безопасность»

Среди прочего на рисунке 9 определяются дисциплины, преподаваемые группе, имеющей обозначение «ПБ». Условия, которые определены для класса «Промышленная_безопасность» (подкласс класса «Дисциплины»), говорят о том, что индивиды, являющиеся членами класса «Промышленная_безопасность», также являются членами класса «Дисциплина» и связаны с классом «ПБ» через свойство «является_дисциплиной,_читаемой_группе».

В OWL также существует третий тип отношений – *свойства аннотации*, который может использоваться для добавления информации (метаданных) для классов, отдельных индивидов и свойств объектов.

2.4 Аннотации

Язык описания онтологий OWL позволяет создавать аннотации с различной информацией (комментарии, дату создания, автора, ссылки на ресурсы и т.д.) и метаданными классов, свойств, индивидов и онтологии (онтологии заголовка).

Существует пять предопределённых свойств аннотации, используемые для описания классов, свойств и индивидов: *owl:versionInfo* (диапазоном этого свойства является строка); *rdfs:label* (имеет диапазон строки, может быть использовано для добавления комментария при чтении в онтологии имён классов, свойств и индивидов, а также для предоставления многоязычных имён (см. рисунки 9, 10)); *rdfs:comment* (имеет диапазон строки (см. рисунки 9, 10)); *rdfs:seeAlso* (имеет значение URI, которое используется для обозначения соответствующих ресурсов); *rdfs:isDefinedBy* (имеет значение URI-ссылка и используется для ссылки на онтологию) [11].

На рисунке 10 приведён пример описания аннотации свойства *rdfs:seeAlso*, определённого для индивида «Ангарский водоканал» – поставщика слушателей (заказчика) в ИДПО, который наполняет класс «Организация». Панель описания индивида «Ангарский водоканал» включает в себя: дерево классов (1), свойства объекта (2) и аннотацию (3). При активации ссылки, определяющей свойство *rdfs:seeAlso* (4), пользователь автоматически попадает на web-ресурс МУП «Ангарского водоканала».

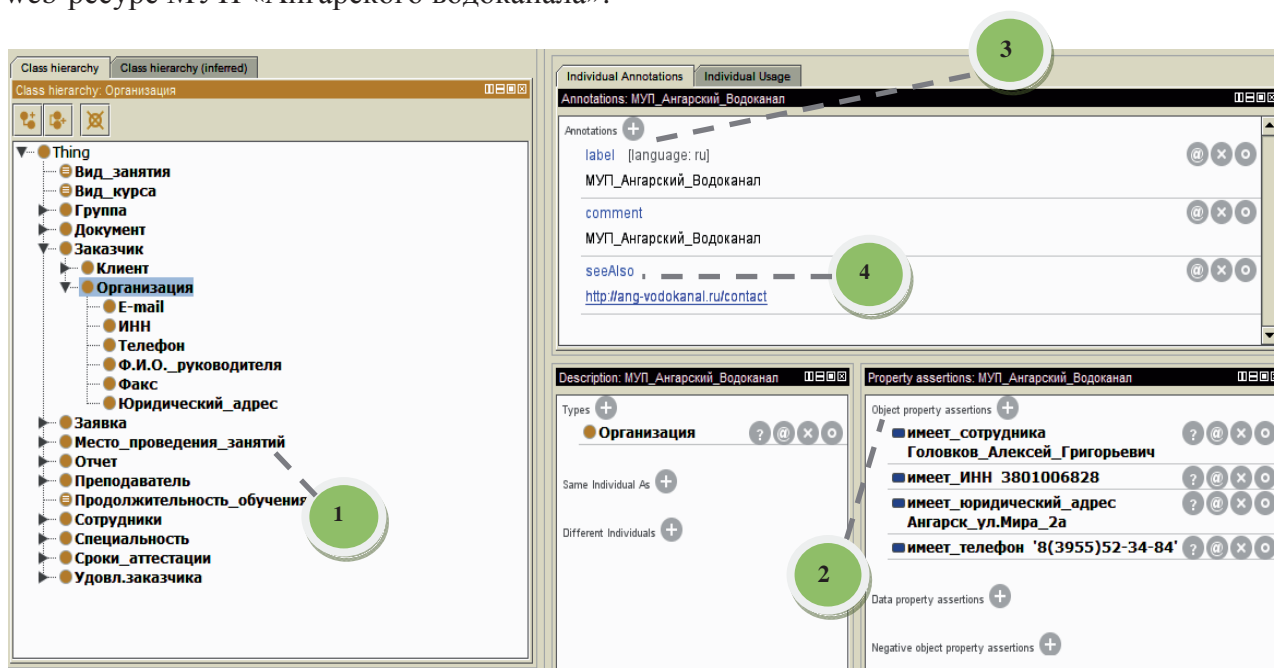


Рисунок 10 – Описание индивида «Ангарский водоканал»

3 Выполнение SPARQL-запросов

Наиболее популярным среди запросов к RDF-хранилищам на сегодняшний день являются языки *A Query Language for RDF (RDQL)* и *Protocol and RDF Query Language (SPARQL)*, способные передавать по протоколу запросы и ответы на них. SPARQL является одной из рекомендованных технологий семантической паутины при публикации данных в Интернет [7, 9].

Существует четыре основных типа запросов к данным: запрос «по умолчанию» (см. рисунок 11); запрос с применением данных о литералах (см. рисунок 12); запрос на основе данных об экземплярах классов; запрос на основе данных об объектных свойствах классов.

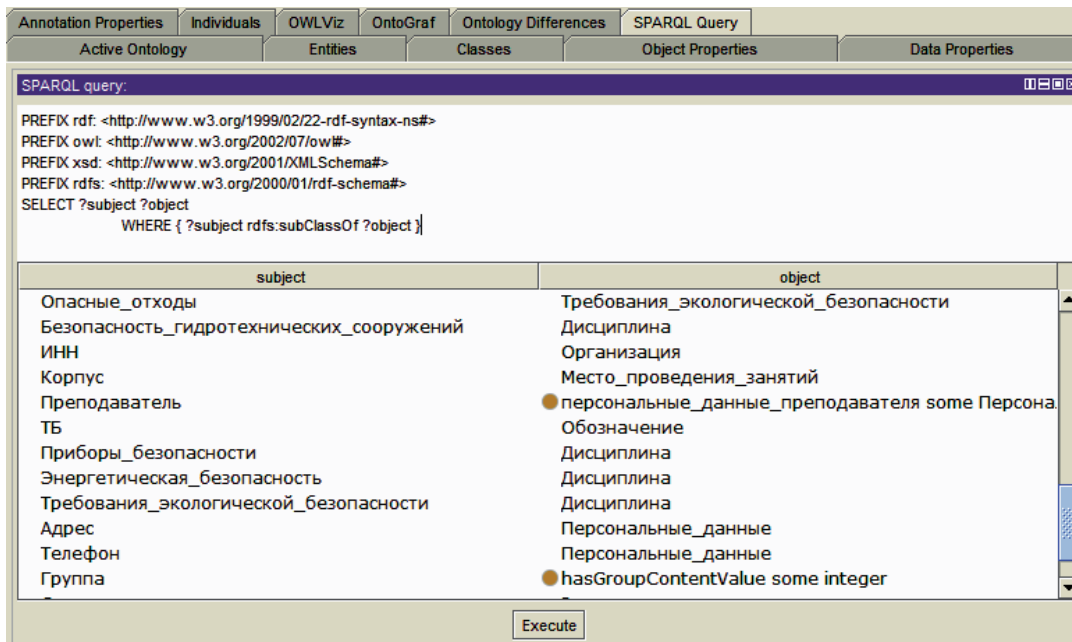


Рисунок 11 – SPARQL-запрос «по умолчанию»

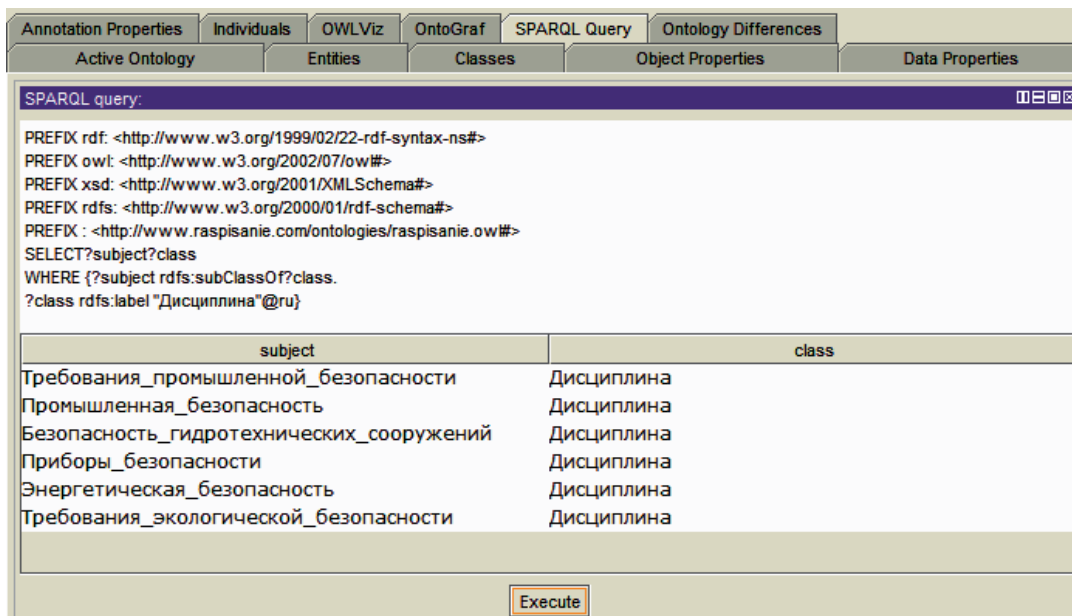


Рисунок 12 – SPARQL-запрос с применением данных о литералах

При открытии закладки *SPARQL Query* в редакторе Protégé 4.2 в окне формирования запросов уже представлен образец запроса «по умолчанию». При нажатии кнопки «Execute» выполняется автоматический поиск данных по запросу и выводится результат (рисунок 11).

При выполнении запроса переменной *?subject* будут установлены классы, для которых характерно наличие свойства *subClassOf*, т.е. потомки других классов. На рисунке 12 приведён результат выполнения запроса, который вернул подклассы класса «Дисциплина» (были возвращены потомки класса, для которого установлено свойство аннотации *rdfs:lable* “Дисциплина”@ru) [14].

На рисунке 13 представлена реализация запроса на основе комментария класса «Место_проведения_занятий».

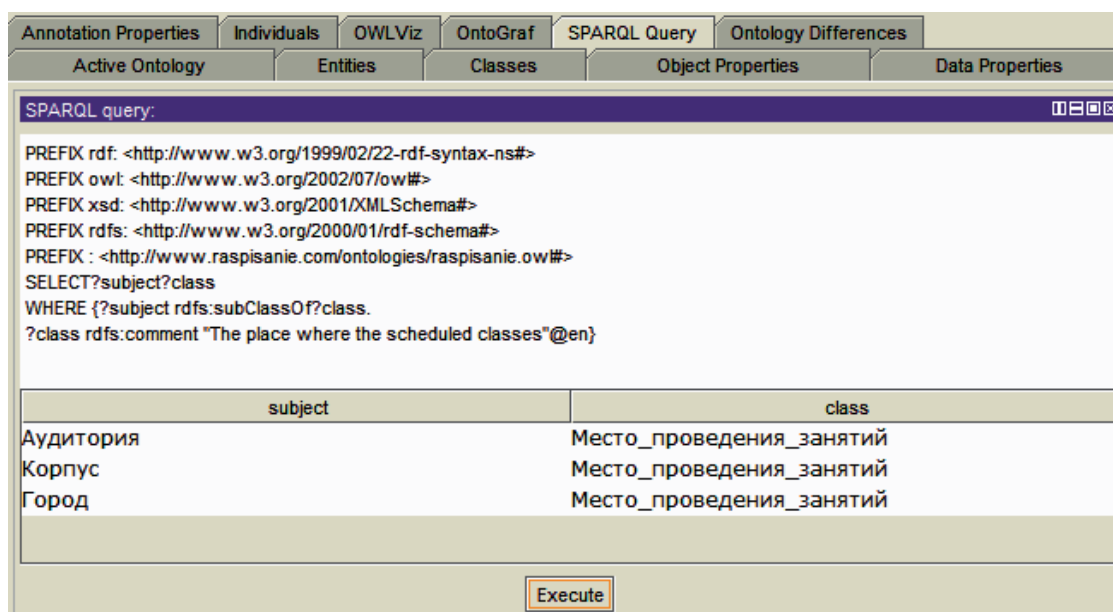


Рисунок 13 – SPARQL-запрос с применением комментария, вернувший потомков класса «Место_проведения_занятий»

4 Построение семантической сети предметной области

Семантическая сеть является сетевой моделью ПрО, имеющей вид ориентированного графа, вершинами (узлами) которой являются классы (объекты ПрО), а дугами (рёбрами) – направленные отношения или связи, соединяющие эти узлы [8]. В семантической сети отображены типы отношений. На рисунке 14 представлена семантическая сеть, построенная в результате онтологического моделирования рассматриваемой ПрО в редакторе Protégé 4.2 [13, 14].

На рисунке 15 в качестве примера приведён фрагмент семантической сети, отражающий отношения не только классов, но и индивидов, наполняющих их.

Как модель ПрО, семантическая сеть наиболее часто используется для представления декларативных знаний, с помощью которой реализуются такие свойства системы знаний, как интерпретируемость и связность [15]. За счёт этих свойств семантическая сеть позволяет снизить объём хранимых данных, обеспечивает вывод умозаключений по ассоциативным связям. Семантическая сеть является необходимым ресурсом и способом представления знаний, который отражает семантику ПрО, а также позволяет проводить визуальный анализ ПрО, графически отображая её структуру.

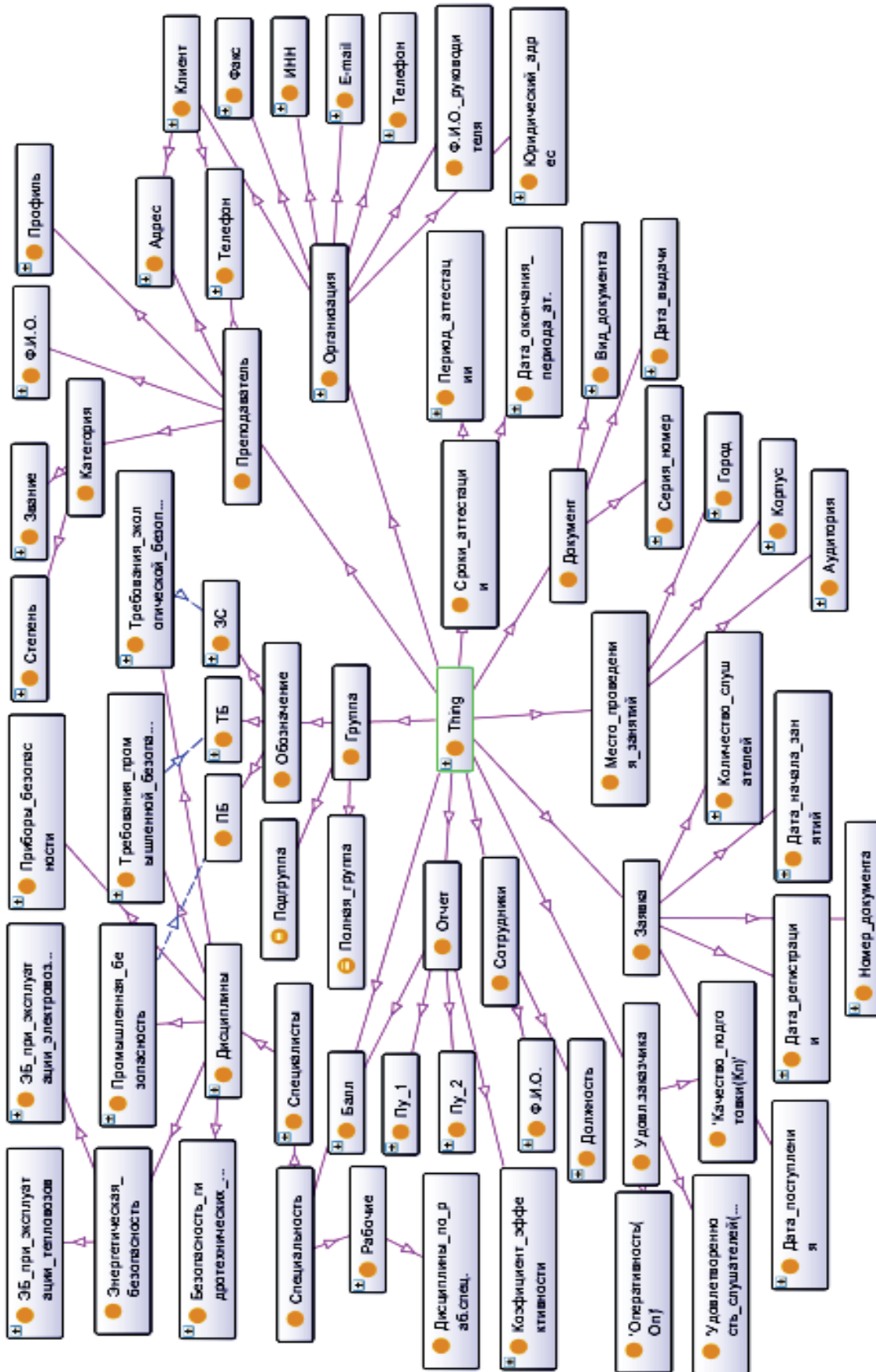


Рисунок 14 – Семантическая сеть предметной области «Институт дополнительного профессионального образования»

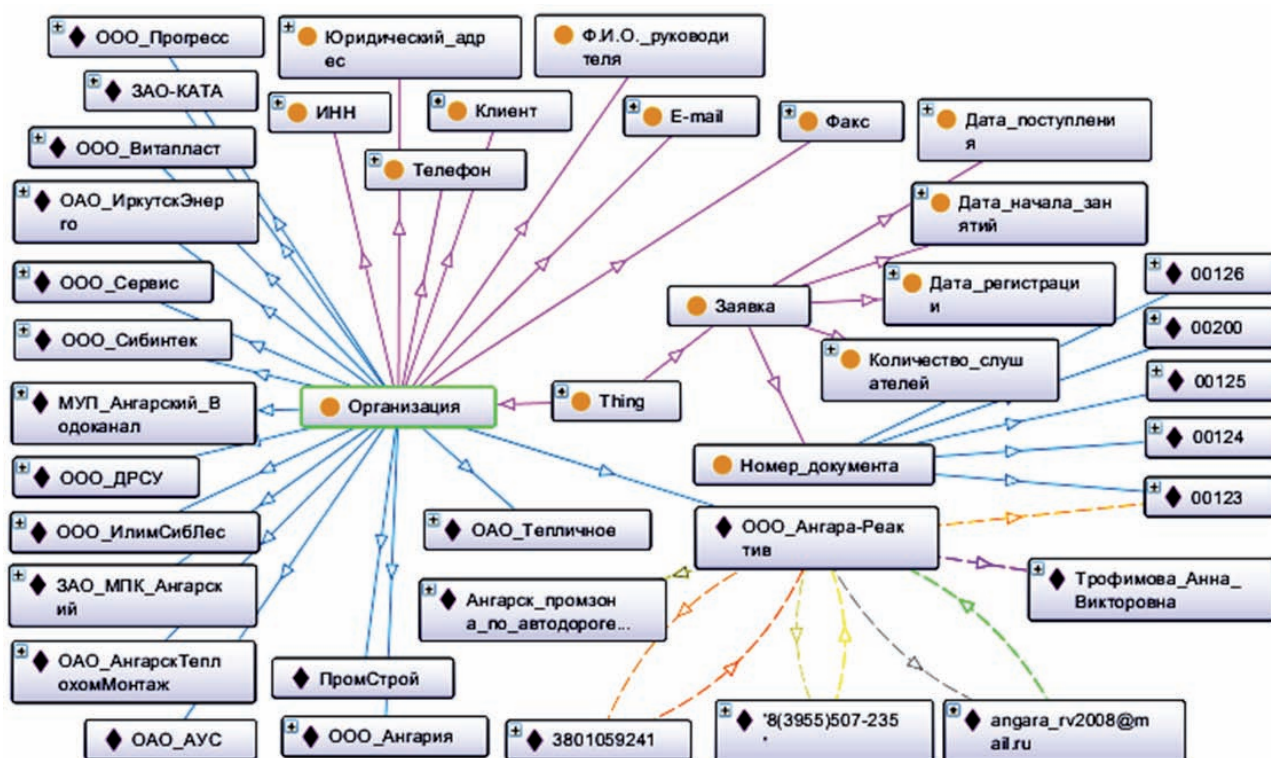


Рисунок 15 – Фрагмент семантической сети предметной области «Институт дополнительного профессионального образования» с включением индивидов классов

Заключение

Формализованное описание ПрО с помощью онтологического моделирования обеспечивает общение как между людьми, так и между программами. Эта особенность онтологий привела к большому интересу исследователей, которые в своих работах рассматривают как предметные онтологии, предназначенные для решения конкретных прикладных задач, так и создание универсальных онтологий, описывающих общие понятия, на основе которых возможно построение понятий частных предметных онтологий. Если раньше вопрос онтологического моделирования интересовал в основном специалистов в области информационных технологий, то в настоящее время возможности онтологического моделирования вызывают интерес у специалистов предметных областей и экспертов.

Например, для успешной разработки и эффективного функционирования информационной системы поддержки принятия решений для учреждения дополнительного профессионального образования необходимо грамотно организовать и описать пространство знаний. Наиболее удобным и очевидным способом организации такого пространства знаний будет онтология.

Как было замечено, существует несколько способов представления онтологий. Наиболее распространенным графическим редактором является SmartTools, который авторы используют в своей работе для разработки семантической сети ПрО учреждения дополнительного профессионального образования, подробно рассмотренной в статье [16]. К сожалению, основным недостатком данного подхода является то, что построенные онтологии могут быть использованы лишь как наглядный (иллюстративный) материал для визуального анализа ПрО (ориентирован на человека, а не на программу).

Если говорить о редакторе Protégé 4.2, то для его использования пользователь должен знать фреймовую модель представления знаний, основы математической логики (исчисление предикатов) и объектно-ориентированного подхода, который применяется при анализе и проектировании систем. Опыт работы с редактором Protégé 4.2 показал, что в первую очередь он ориентирован на специалистов в области информационных технологий. Наиболее удачно в нем осуществлять описание ПрО небольших размеров, в которых можно выделить ограниченное число классов и отношений между ними. Для построения таксономий терминов узконаправленных ПрО, в том числе в области образования, необходимо привлекать специалистов по данной ПрО.

Редактор Protégé 4.2 обладает хорошим инструментарием. Помимо общих функций редактирования и просмотра онтологий, он позволяет выполнять поддержку документирования онтологий, импорт и экспорт онтологий разных форматов и языков, поддержку графического редактирования, управление библиотеками онтологий и многое другое.

В качестве недостатка редактора Protégé 4.2 следует указать на отсутствие возможности математической обработки данных и решения оптимизационных задач. Для этого необходимо дополнительно разрабатывать программное приложение, в основе базы знаний которого будет использоваться разработанная прикладная онтология ПрО.

Разработанная прикладная онтология ПрО Института дополнительного профессионального образования позволяет решать задачи: логического, структурированного описания, категоризации, поиска информации и анализа данных. В будущем онтология может быть использована в качестве базы знаний для формирования единой информационной среды интеллектуальной системы в учреждениях дополнительного профессионального образования, а также систем навигации на основе семантической сети в Интернет пространстве.

Список источников

- [1] OWL Web Ontology Language. W3C Recommendation [Electronic Resource] / 2004 – Mode of access: <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.
- [2] **Загоруйко, Г.Б.** Разработка онтологии задач и методов для инструментария построения интеллектуальных СППР / Г.Б. Загоруйко // Труды XVII Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии». Часть III. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2012. – С. 43-49.
- [3] **Шустова, Д.В.** Подход к разработке семантических основ информационных систем для проектирования и производства авиационной техники / Д.В. Шустова // Онтология проектирования. – 2015. – № 1 (15). – С. 70-82.
- [4] **Noy, F.** Ontology Development. A Guide to Creating Your First Ontology / Deborah L. McGuinness - Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, March 2001.
- [5] **Gruber, T.** Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing // International Journal Human-Computer Studies. – 1995. – Vol. 43. – P. 907-928.
- [6] **Овдей, О.М.** Обзор инструментов инженерии онтологий / О.М. Овдей, Г.Ю. Проскудина // Электронные библиотеки. – Т.7. – Вып.24 [Электронный ресурс] / 2004: <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2004/part4/op>.
- [7] **Stumme, G.** Semantic Web Mining. State of the art and future directions / G. Stumme, A. Hotho, B. Berendt // Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web, № 4, 2006, pp. 124–143.
- [8] **Добров, Б.В.** Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения: учебное пособие / Б.В. Добров, В.В. Иванов, Н.В. Лукашевич, В.Д. Соловьев. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 173 с.
- [9] **Болотова, Л.С.** Системы искусственного интеллекта: модели и технологии, основанные на знаниях: учебник / Л.С. Болотова. – М.: Финансы и статистика, 2012. – 664 с.
- [10] **Макагонова, Н.Н.** Методология построения онтологического пространства знаний / Н.Н. Макагонова // Труды XVII Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии». Часть III. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2012. – С. 81-86.
- [11] **Платицын, В.А.** Практический справочник по построению Онтологий OWL в Protégé 4 // В.А. Платицын. –

Манчестерский университет. – 2012. – Режим доступа: <http://www.co-ode.org>.

- [12] **Темникова, Е.А.** Создание онтологии предметной области для АСМУП с помощью редактора Protégé / Е.А. Темникова, В.С. Асламова // *Материалы 4-й Всероссийской научно-практ. конф. с междунар. уч. «Транспортная инфраструктура Сибирского региона» Т. 2.* – Иркутск : Изд-во ИрГУПС, 2013. – С. 375-380.
 - [13] **Темникова, Е.А.** Роль онтологии предметной области в создании автоматизированной системы мониторинга учебного процесса / Е.А. Темникова, В.С. Асламова // *Сб. трудов XI Международной научно-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых.* – Томск : Изд-во ТПУ, 2013.– С. 178-180.
 - [14] **Темникова, Е.А.** Разработка онтологии предметной области на примере учебного центра / Е.А. Темникова // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование.* – 2013. – №4(40). – С. 198-201.
 - [15] **Смирнов, С.В.** Онтологическое моделирование в ситуационном управлении / С.В. Смирнов // *Онтология проектирования.* – 2012. – № 2 (4). – С. 16-24.
 - [16] **Темникова, Е.А.** Семантическая сеть на основе онтологической модели и RDF-графов / Е.А. Темникова, В.С. Асламова // *Вопросы естествознания.* – 2013 г. – №1 (1) – С. 59-66.
-

ONTOLOGICAL DOMAIN MODELING INSTITUTIONS OF ADDITIONAL PROFESSIONAL EDUCATION

Е.А. Temnikova^{1,a}, V.S. Aslamova^{1,b}, O.G. Berestneva²

¹*Irkutsk State University of Railway Transport, Irkutsk, Russia*

^a*temnikova_ea@bk.ru*, ^b*aslamovav@yandex.ru*

²*Institute of Cybernetics of the National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia*
ogb6@yandex.ru

Abstract

The article discusses the applicability of ontological description for conceptual modelling of a subject domain in order to improve the effectiveness of information search and categorization. The authors experience in the field is given. Main stages of the ontological model's creation are described based on the example of the "Institute of additional professional education" ontology. The example ontology was created using Protégé 4.2. The examples of classes and individuals descriptions, their relations and SPARQL-queries are given. The article presents a description of a subject domain with the logic of first order predicates. A semantic network of a subject domain is demonstrated. The advantages of ontological modeling are stated. The tasks of further studies to optimize the processes of analysis and processing of information in the establishment of additional professional education using the developed ontology are stated.

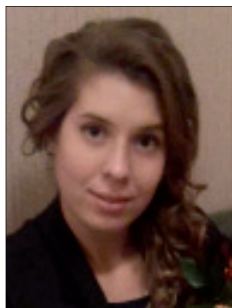
Key words: ontology, semantic web, editor of ontologies, SPARQL-questions, Institute of additional professional education, intelligent systems.

References

- [1] OWL Web Ontology Language. W3C Recommendation [Electronic Resource] / 2004 – Mode of access: <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.
- [2] **Zagorulko, G.B.** Razrabotka ontologii i metodov dlya instrumentariya postroeniya intellektualnih SPPR [The development objectives and methods of ontology toolkit for building intelligent systems] / G.B. Zagorulko // *Trudy XVII Baykalskoy Vserossiyskoy konferencii "Informacionnie I matematicheskie tehnologii". Chast III - Irkutsk: ISAM SO RAN [Proceedings of the XVII Baikal-Russia conference "Information technology and math." Part III. - Irkutsk: ESI SB RAS].* – 2012. - pp. 43-49.
- [3] **Shustova, D.V.** Podhod k razrabotke semanticheskikh osnov informacionnih sistem dlya proektirovaniya I proizvodstva aviacionnoy tehniki [Approach to developing a semantic basis of information systems for aircraft systems design and production] / D.V. Shustova // *Ontologiya proektirovaniya [Ontology of designing].* - 2015. - № 1 (15). - pp. 70-82.
- [4] **Noy, F.** Ontology Development. A Guide to Creating Your First Ontology / Deborah L. McGuinness - Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, March 2001.

- [5] **Gruber, T.** Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing // International Journal Human-Computer Studies. – 1995. – Vol. 43. – pp. 907-928.
- [6] **Ovdey, O.M.** Obzor instrumentov ingenerii ontologiy [Review ontology engineering tools] / O.M. Ovdey, G.Y. Proskudina // Elektronniye biblioteki [Digital Libraries]. - T.7. - Vyp.24 [electronic resource] / 2004: <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2004/part4/op>.
- [7] **Stumme, G.** Semantic Web Mining. State of the art and future directions / G. Stumme, A. Hotho, B. Berendt // Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web, № 4, 2006, pp. 124–143.
- [8] **Dobrov, B.V.** Ontologii i tezaurusi: modeli, instrumenti, prilozheniya [Ontologies and thesauri: models, tools, applications] / B.V. Dobrov and V.V. Ivanov, N.V. Lukashevich, V.D. Solovyov. - M.: Internet universitet informacionnih tehnologiy [Internet University of Information Technologies BINOM. Knowledge Laboratory] – 2009. - 173 p.
- [9] **Bolotova, L.S.** Sistemi iskustvennogo intellekta: modeli i tehnologii, osnovannye na znaniyah [Artificial Intelligence Systems: Models and technologies based on knowledge] / L.S. Bolotova. - M.: Finansi i statistika [Finance and Statistics], 2012. - 664 p.
- [10] **Makagonova, N.N.** Metodologiya proektirovaniya ontologicheskogo prostranstva znaniy [Methodology of the ontological space of knowledge] / N.N. Makagonova // Trudy XVII Baykalskoy Vserossiyskoy konferencii "Informacionnie i matematicheskie tehnologii". Chast III - Irkutsk: ISAM SO RAN [Proceedings of the XVII Baikal-Russia conference "Information technology and math." Part III - Irkutsk: ESI SB RAS]. – 2012. - P. 81-86.
- [11] **Platitsyn, V.A.** Prakticheskiy spravochnik po postroyeniyu ontologiy OWL v Protégé 4 [Practical guide to postreniyu OWL ontology in Protégé 4] // V.A. Platitsyn. – Manchesterskiy universitet [University of Manchester]. - 2012. - Access: <http://www.co-ode.org>.
- [12] **Temnikova, E.A.** Sozdanie ontologii predmetnoy oblasti dlya ASMUP s pomoshyu redactora Protégé [Creating a domain ontology for ASMUP with an editor Protégé] / E.A. Temnikova, V.S. Aslamova // Materialy 4-y Vserossiyskoy nauchno-prakt. konf. s megdunar. uchastiem "Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona" [Proceedings of the 4th All-Russian scientific-practical conference. Conf. with int. Ouch. "Transport infrastructure of the Siberian region"] T. 2. - Irkutsk State University of Railways Engineering with communication, 2013. - pp. 375-380.
- [13] **Temnikova, E.A.** Rol ontologiyi predmetnou oblasti v sozdanii avtomatizirovannoy sistemi uchebnogo processa [The role of ontology in the creation of the automated monitoring system of educational process] / E.A. Temnikova, V.S. Aslamova // Sbornik trudov XI Meshdunarodnoy nauchno-prakt. Konf. Studentov, aspirantov I molodih uchenih [Coll. works of the XI International scientific-practical conference. Conf. students, graduate students and young scientists]. - Tomsk: Izdatelstvo TPU [Publishing house TPU], 2013.- pp. 178-180.
- [14] **Temnikova, E.A.** Razrabotka ontologii predmetnoy oblasti na primere uchebnogo centra [Development of ontology on the example of the training center] / E.A. Temnikova // Sovremenniye tehnologii. Sistemniy analiz. Modelirovaniye [Modern technologies. System analysis. Modeling]. - 2013. - №4 (40). - pp. 198-201.
- [15] **Smirnov, S.V.** Ontologicheskoye modelirovaniye v situacionnom upravlenii [Ontological modeling of situational management] / S.V. Smirnov // Ontologiya proektirovaniya [Ontology of designing]. - 2012. - № 2 (4). - S. 16-24.
- [16] **Temnikova, E.A.** Semanticheskaya set na osnove ontologicheskoy modeli i RDF-grafov [The semantic network based on ontological models and RDF-graphs] / E.A. Temnikova, V.S. Aslamova // Voprosi estestvoznaniya [Questions of science]. - 2013 - №1 (1) - pp. 59-66.

Сведения об авторах



Темникова Елена Александровна, 1989 г. рождения. Окончила Ангарскую государственную техническую академию в 2011 г., кандидат технических наук (2015). Инженер кафедры техносферной безопасности Иркутского государственного университета путей сообщения. В списке 29 научных трудов в области автоматизированных систем, информационных систем поддержки принятия решений, разработки баз данных, онтологического моделирования.

Temnikova Elena Aleksandrovna (b.1989) graduated from the Angarsk State Technical Academy in 2011, received her PhD in technical sciences (2015), she is engineer at Irkutsk State University of Railways Engineering with communication, Department of Safety technospheric. She is co-author of 29 scientific articles and abstracts in the field of automated control systems, information systems, decision support database development, ontology modeling.



Асламова Вера Сергеевна, 1951 г. рождения. Окончила Томский государственный университет в 1974 г., д.т.н. (2009). Профессор кафедры техносферной безопасности Иркутского государственного университета путей сообщения. В списке научных трудов более 250 статей, 3 монографии в области оптимизации технологических процессов, основ алгоритмизации и программирования, построении моделей технологических процессов, автоматизированных систем расчета, разработки информационных систем поддержки принятия решений, онтологического моделирования.

Aslamova Vera Sergeevna (b. 1951) graduated from the Tomsk State University in 1974, Ph.D. (2009). Professor at Irkutsk State University of Railway Engineering with communication, Department of Safety technospheric. The list of scientific papers more than 250 articles, 3 monographs in the area of process optimization, the basics of algorithms and programming, construction of process models, auto-focusing on recurring settlement systems, the development of information systems decision support, ontology modeling.

tion of process models, auto-focusing on recurring settlement systems, the development of information systems decision support, ontology modeling.



Берестнева Ольга Григорьевна, 1955 г. рождения. Окончила Томский политехнический университет в 1978 г., д.т.н. (2007). Профессор кафедры прикладной математики Института кибернетики Томского политехнического университета. Академик Международной академии информатизации (МАИ). В списке научных трудов более 250 работ в области математического моделирования и информационных технологий.

Berestneva Olga Grigorievna (b. 1955) graduated from the Tomsk Polytechnic University (Tomsk-city) in 1978, PhD (2007). She is Professor at Tomsk Polytechnic University, Department of Applied Mathematics of the Cybernetics Institute. She is a member of International Informatization Academy (IPA). He is co-author more 250 scientific articles and abstracts in the field of mathematical modeling and information technologies.

<http://portal.tpu.ru/SHARED/o/OGB>

ПРИМЕНЕНИЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ВУЗА

С.В. Бахвалов¹, О.Г. Берестнева^{2,a}, О.В. Марухина^{2,b}

¹Иркутский технический университет (национальный исследовательский университет), Иркутск, Россия
bsv@istu.edu

²Томский политехнический университет (национальный исследовательский университет), Томск, Россия
ogb@yandex.ru^{2,a}, marukhina@tpu.ru^{2,b}

Аннотация

В связи с переходом на стандарты нового поколения, формируется перечень задач, связанных с планированием и организацией учебного процесса, формированием структуры и состава основных образовательных программ. Уже на начальном этапе планирования структуры и состава учебного процесса встает ряд проблем, связанных с необходимостью оценки соответствия основных образовательных программ требованиям образовательного и профессионального стандартов и учёта актуальных потребностей рынка и студентов. В работе представлены примеры онтологических моделей для решения задач организации учебного процесса ВУЗа и дано описание их построения. Рассмотрено два примера: онтологическое моделирование при планировании учебного процесса ВУЗа и онтологическое моделирование для описания компетенций ИТ-специалиста. Сделан вывод о перспективности применения онтологий для формализации такой предметной области, как организация учебного процесса ВУЗа.

Ключевые слова: образовательный процесс, учебный план, онтологии, моделирование, компетенции, ИТ-специалист, профессиональный стандарт, образовательный стандарт.

Введение

Перемены, происходящие в нашей стране, определили необходимость разработки и внедрения нового поколения образовательных стандартов высшего образования. Внедрение нового поколения образовательных стандартов вызывает необходимость проведения значительной работы по модернизации основных образовательных программ (ООП), включающих календарный учебный график, учебный план, программы учебных дисциплин (модулей) и программы практик, методические материалы, обеспечивающие реализацию соответствующей образовательной технологии, и другие материалы, обеспечивающие воспитание и качество подготовки.

Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) значительно отличается по структуре и составу требований от образовательных стандартов предыдущих поколений [1]. Во многом эти отличия определяются требованиями интеграции системы российского высшего образования в мировую систему высшего профессионального образования, направленную на формирование мирового рынка труда [2].

1 Особенности образовательного стандарта нового поколения

Особенности требований ФГОС можно разделить на две группы: формальные, связанные с обеспечением соответствия требованиям Болонского процесса, и неформальные, направленные на изменение структуры учебного процесса.

В качестве формальных требований можно рассматривать:

- переход большинства специальностей на двухуровневую систему высшего образования (бакалавр-магистр);
- увеличение прав вуза в формировании перечня дисциплин и учебного плана (практически на усмотрение вуза передаётся право на формирование набора учебных дисциплин, в т.ч. самостоятельное формирование профилей и программ ООП);
- балльная оценка трудоёмкости дисциплин (введение зачётных единиц трудоёмкости).

Неформальные требования стандарта определяют сущность организации образовательного процесса:

- переход на компетентностный подход в подготовке специалиста;
- обязательное использование активных и интерактивных форм проведения занятий (устанавливается доля в общем объёме аудиторных занятий);
- предоставление права обучаемому самостоятельно формировать траекторию обучения (за счёт дисциплин по выбору);
- обязательная ежегодная корректировка перечня и содержания учебных дисциплин с учётом развития науки, техники, культуры, экономики, технологий и социальной сферы;
- обязательное привлечение специалистов из области производственной деятельности (т.е. представителей работодателей) для формирования требований к выпускнику, участия в обучении и аттестации выпускников.

Соответственно, в связи с переходом на стандарты нового поколения, формируется перечень задач, связанный с планированием и организацией учебного процесса, формированием структуры и состава ООП. На начальном этапе формирования ООП необходимо решить задачи формирования учебных графиков, учебных планов, перечня учебных дисциплин и их содержания (выбор не только перечня знаний и умений, компетенций, но и способов их формирования).

В дальнейшем, в ходе сопровождения учебного процесса формируются задачи, связанные с формированием новых компетенций, содержания учебных дисциплин (в соответствии с требованиями работодателей и обучающихся), способов и методов обучения.

Даже на начальном этапе планирования структуры и состава учебного процесса встаёт ряд проблем, связанных с необходимостью оценки соответствия ООП требованиям образовательного и профессионального стандартов и учёта актуальных потребностей рынка и студентов, с целью подготовки выпускника, способного успешно работать в профессиональной сфере на основе овладения им в процессе обучения актуальным перечнем общекультурных и профессиональных компетенций.

Особенностью образовательных стандартов нового поколения является применение при формировании учебного процесса понятий *компетенции* и *компетентностного подхода*.

Компетентностный подход в значительной степени вызван необходимостью [3]:

- создания общего языка между «академическими кругами» в высшей школе, работодателями и выпускниками по поводу качества результатов обучения, экспликации академических и профессиональных профилей, т.е. проблемой «погружения» высшей школы в рынок, обеспечения «прозрачности» в системе меновых отношений на «рынке образования» и на «рынке труда», обеспечения их совместимости, интернационализации рынка труда и образования;
- раскрытия основы этого «языка» в терминах общих (универсальных) и профессиональных (предметно-специализированных) компетенций;
- обеспечения возможности перерывов в обучении на базе введения «двухциклового (двух -, трехуровневой) системы высшего образования и образования в течение жизни»;

- актуализации освоения высшей школой «новых типов результатов образования, выходящих за рамки профессиональных знаний, умений и навыков», «находящих свое применение в широких контекстах трудоустраиваемости и гражданственности»;
- модульной формы образовательного процесса, обеспечивающего формирование соответствующих компетенций и развития системы накопления и переноса кредитов.

Данные особенности некоторые исследователи относят к отрицательным сторонам, связанным с глобализацией экономики и формированием принципов рыночного фундаментализма и глобальной системы свободного перемещения капитала, при которых обеспечивается формирование «неокошечников», обладающих такой же свободой перемещения, каким обладает капитал. Но, тем не менее, именно эти принципы заложены в основу Болонского процесса по стандартизации образования.

В качестве положительного эффекта отмечается, что *компетенция* как категория призвана обеспечить системную интеграцию образования, выразить собой рост системно-социального (системно-профессионального) качества выпускника вуза [4].

Компетенция представляет собой сложное, интегрированное понятие, характеризующее способность человека реализовывать весь свой потенциал (знания, умения, личностные качества) для решения профессиональных и социальных задач в определённой области [5].

Обязательное использование компетентностного подхода при проектировании учебного процесса приводит к значительным сложностям, связанным с определением состава компетенций, способов их формирования, а также формальной оценки уровня достижения компетенции обучаемым. По своей сути процесс формирования ООП направлен на решение именно этих проблем.

Соответственно, появилась необходимость в выборе аппарата формализации компонентов ООП, в качестве которого могут быть использованы онтологии.

2 Онтологическое моделирование

Онтологическое моделирование – процесс построения, развития, обработки и использования онтологии предметной области (ПрО).

Онтология – формальная спецификация разделяемой концептуальной модели [6] или формальное представление множества понятий (концептов) ПрО и связей между этими понятиями: $O = \{C, R, A\}$, где O – онтология, C – совокупность концептов ПрО, R – совокупность отношений между ними, A – набор аксиом (законов и правил, которые описывают законы и принципы существования концептов).

По глубине проработки [6] все онтологии делятся на:

- «весомые» (*Heavy-weighted*) $\{C, R, A\}$;
- «лёгкие» (*Light-weighted*) $\{C, R\}$.

Онтологическое моделирование может обеспечить совместное использование людьми или программными агентами общего понимания структуры информации, повторное использование знаний в ПрО, сделать допущения в ПрО явными, отделить знания о ПрО от оперативных знаний, предоставить методы и средства анализа знаний о ПрО. При этом совместное использование людьми или программными агентами общего понимания структуры информации является одной из наиболее общих целей разработки онтологий [6]. Кроме этого, ещё одним неоспоримым достоинством онтологий является возможность визуализации отношений и концептов, что облегчает понимание сущности ПрО и при этом сохраняется возможность формального описания онтологии на специальных языках (OWL, XML и т.п.), что создает возможность хранения и тиражирования решений.

Разработка онтологии начинается с определения области её применения и масштаба. Масштаб онтологии определяет её сложность. Для уменьшения сложности ПрО применяют различные методы структурирования ПрО. Интересным представляется подход к структурированию знаний с помощью фрактальной стратифицированной модели (ФС-модели), применяемой для выделения слоев однотипных информационных объектов рассматриваемой ПрО с соответствующими отображениями объектов из одного слоя в другой. Такой подход позволяет подойти к формированию системы онтологий – онтологического пространства ПрО [7].

3 Применение онтологического моделирования при планировании учебного процесса вуза

Ранее онтологическое моделирование в области организации учебного процесса ВУЗов применялось для оценки потребности в специалистах, оценки взаимосвязи учебных дисциплин, для формирования учебного плана [7-9].

Авторами предлагается применение онтологического моделирования для формализации структуры и состава основных образовательных программ, разрабатываемых в соответствии с ФГОС. На первом этапе были построены предметные онтологии, такие как: онтология основных образовательных программ (рисунок 1), онтология учебной дисциплины (рисунок 2), онтология учебного плана (рисунок 3). Приведённые онтологии можно рассматривать как типовые, которые в дальнейшем конкретизируются и могут быть использованы для описания ООП, учебных планов, дисциплин различных направлений подготовки выпускников ВУЗов.

В ходе подготовки основных образовательных программ по направлениям подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника и 09.03.02 Информационные системы и технологии в соответствии с ФГОС, на основе данных предметных онтологий были построены прикладные онтологии для направлений. Построенные прикладные онтологии позволили провести анализ соответствия ООП и учебных планов указанных направлений требованиям ФГОС.

4 Применение онтологического моделирования для описания компетенций ИТ-специалиста

Информационные технологии повсеместно используются на современных предприятиях. Предприятиям нужны ИТ-специалисты, способные создавать новые продукты, умеющие выполнять конкретные задачи, обладающие знаниями и навыками в области конкретных технологий. При этом в результате обучения в ВУЗе у выпускника чаще всего формируются знания и умения общепрофессионального характера, не направленные на решение конкретных прикладных задач. Возникает несоответствие между требованиями, которые предъявляются к выпускнику в современном обществе работодателями, и теми знаниями и умениями, которые у него имеются после получения высшего профессионального образования. Существование этой проблемы говорит о необходимости опережающей подготовки специалиста с позиции соответствия требованиям, предъявляемым к нему в современном обществе. Необходимы механизмы взаимодействия между ВУЗами и работодателями, которые бы позволяли оперативно формировать требования к специалисту и реализовать эти требования.

В настоящее время существует набор профессиональных квалификационных требований в области информационных технологий [10], в которых зафиксировано, что должен знать и что уметь специалист определённого профиля.

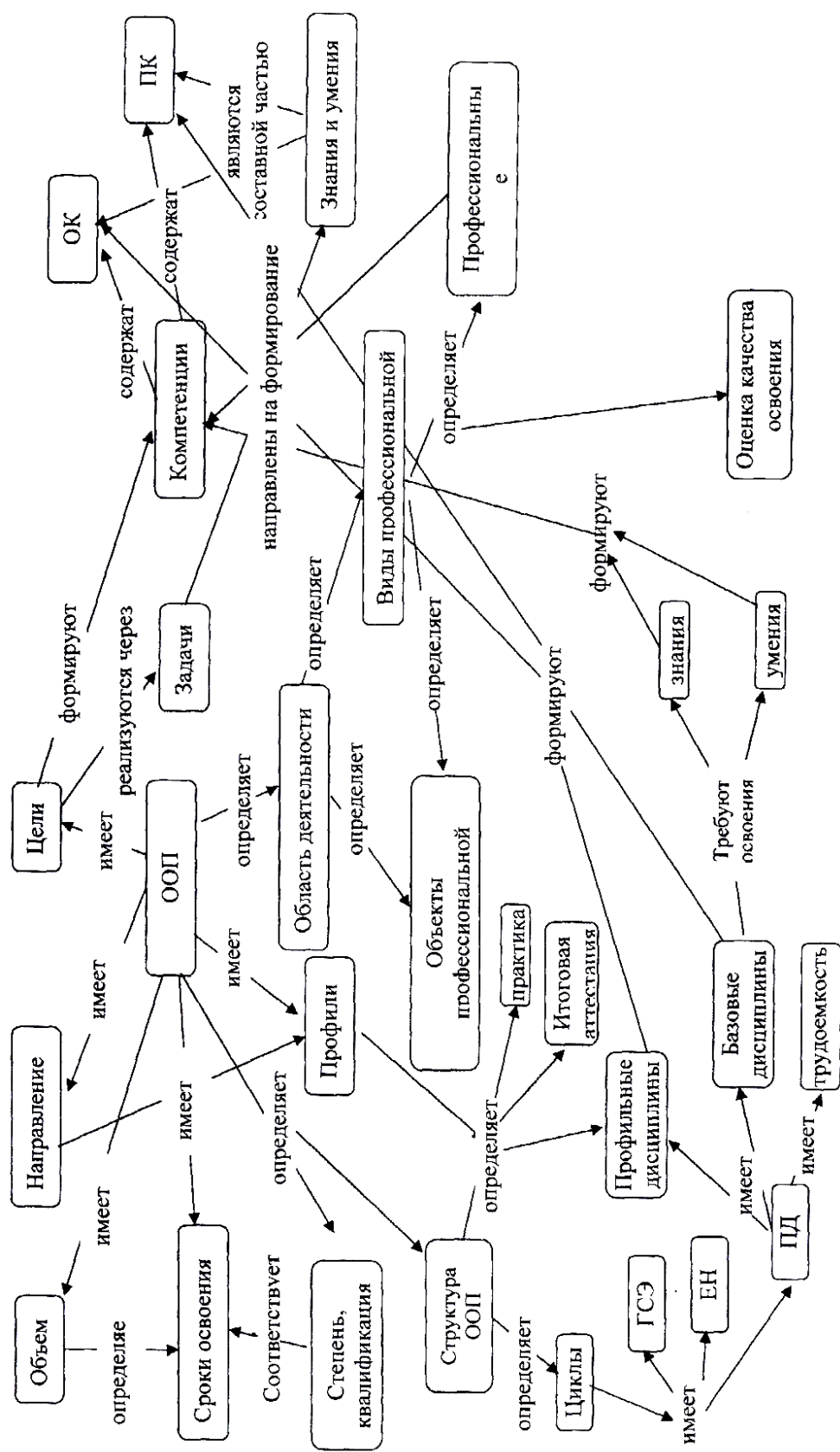


Рисунок 1 – Онтология основной образовательной программы

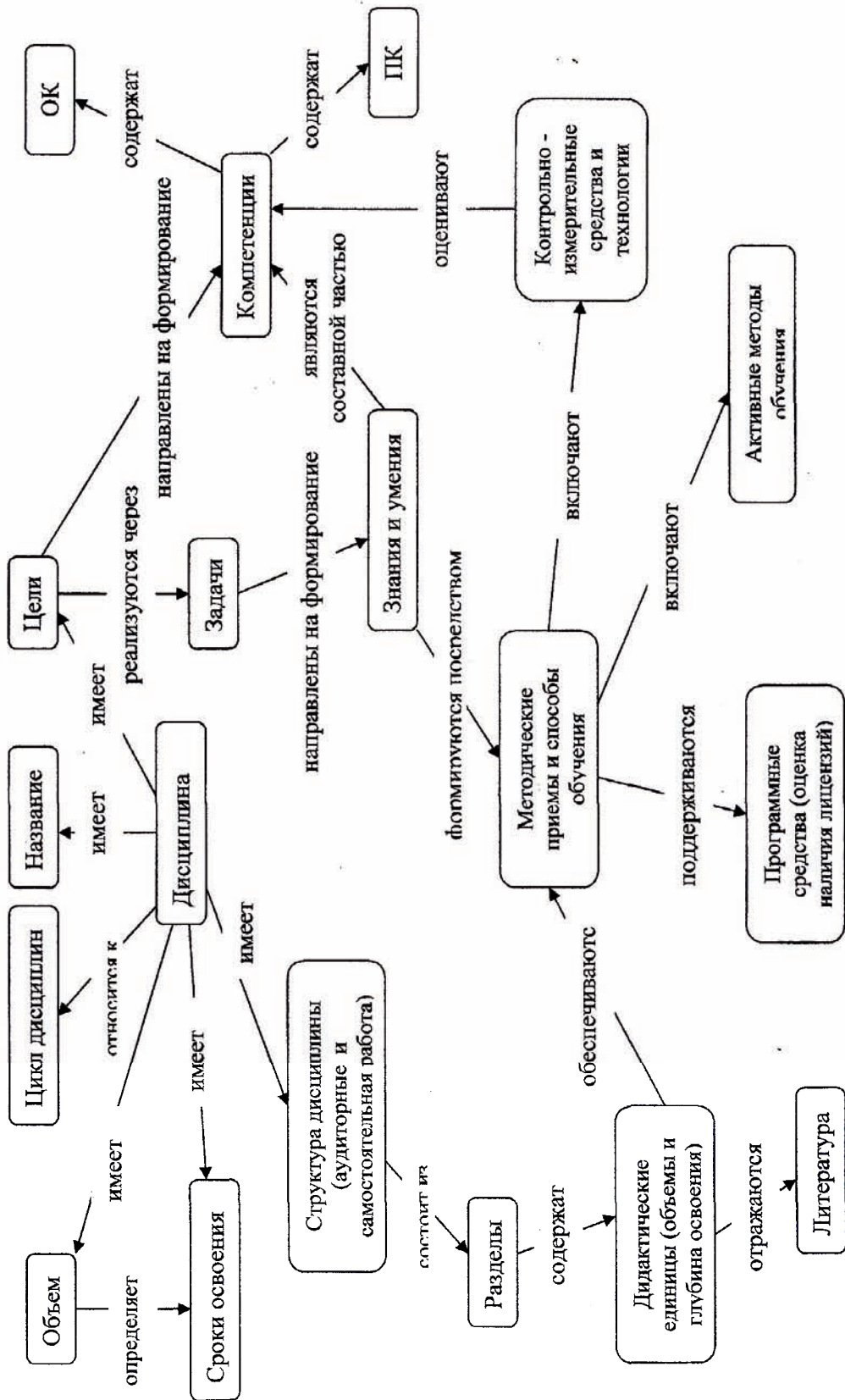


Рисунок 2 –Онтология учебной дисциплины

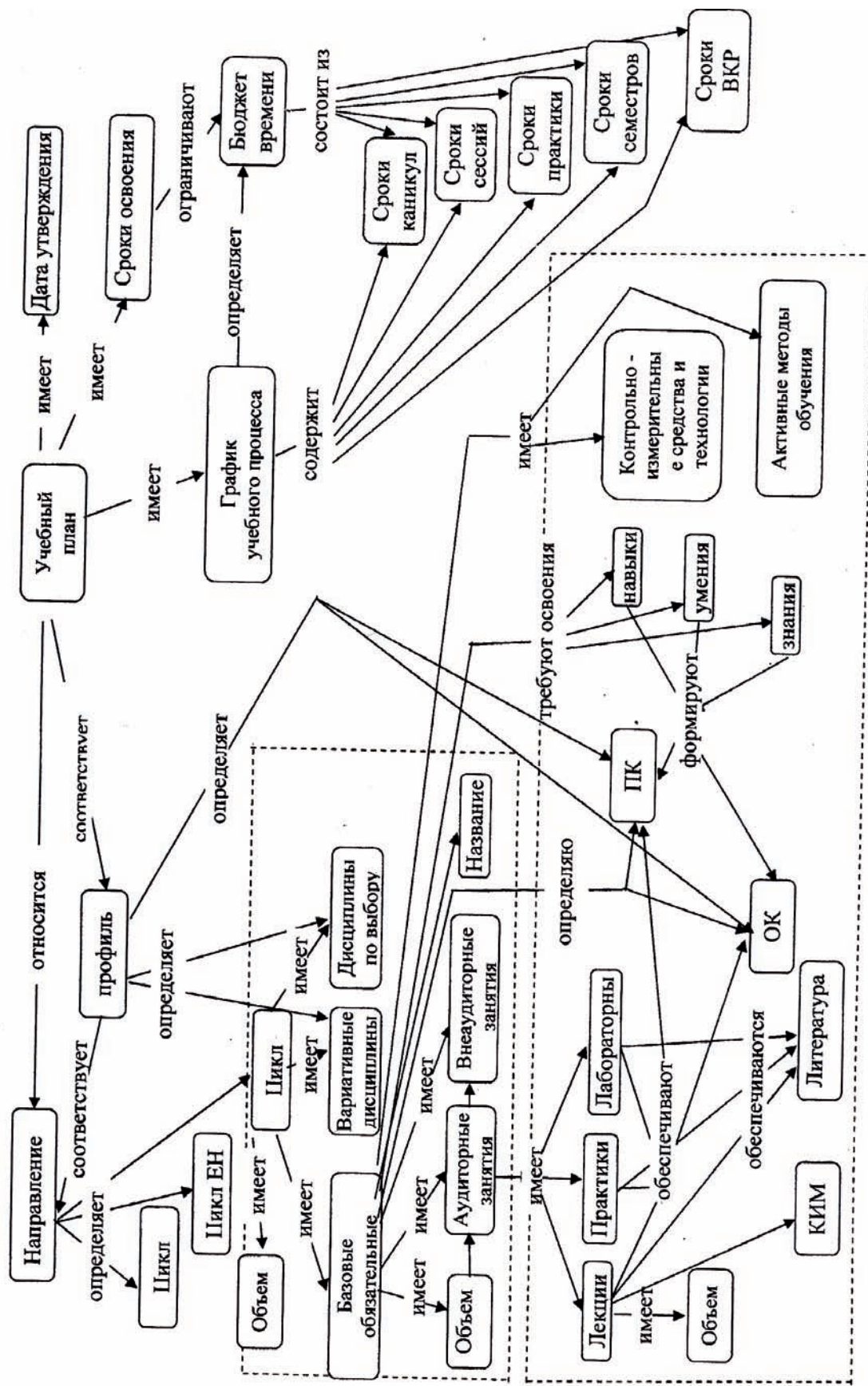


Рисунок 3 – Онтология учебного плана

Однако требования сформулированы в достаточно обобщенном виде, на уровне общих формулировок к профессиональным компетенциям. Возникает необходимость в формализации и конкретизации требований к студентам, обучающимся по направлениям, связанным с информационными технологиями. Для решения этой задачи может быть использована методология компетентностного подхода.

Особенностью компетентностного подхода является формирование у специалиста не только определённых знаний и умений, но и компетенций, сфокусированных на способности применения полученных знаний и умений на практике, в реальном деле. Компетентностный подход основывается на двух основных понятиях: *компетенция* и *компетентность*. Компетенция «включает совокупность взаимосвязанных качеств личности, задаваемых по отношению к определенному кругу предметов и процессов», а компетентность соотносится с «владением, обладанием человеком соответствующей компетенцией, включающей его личностное отношение к ней и предмету деятельности». «Образовательная компетенция» это «совокупность смысловых ориентаций, знаний, умений, навыков и опыта деятельности обучающегося по отношению к определенному кругу объектов реальной действительности, необходимых для осуществления личностно и социально значимой продуктивной деятельности» [3].

Образовательные компетенции дифференцируются по трём уровням:

- ключевые (реализуемые на метапредметном, общем для всех предметов содержания);
- общеобразовательные (реализуемые на содержании, интегративном для совокупности предметов образовательной области);
- предметные или профессиональные (формируемые в рамках отдельных предметов).

Образовательно-профессиональные компетенции могут быть сформированы в результате согласования интересов бизнеса и негосударственных организаций, научно-образовательного сообщества и органов управления образованием. Могут быть выделены три линии мнений о компетенциях: мнение преподавателей, мнение студентов и мнение работодателей. Особенностью компетентностного подхода является то, что при формировании компетенций должны рассматриваться интересы всех участвующих в этом процессе субъектов. Формирование состава профессиональных компетенций является сложной и нетривиальной задачей, требующей привлечения экспертов.

Для формирования профессиональных компетенций выпускника необходимо формализовать предъявляемые к нему квалификационные требования. Для формализации этих требований может быть использовано онтологическое моделирование. Оно может быть использовано как для формирования и оценки учебных планов подготовки ИТ-специалистов, так и для оценки актуальности компетенций выпускника [11].

Перечень профессиональных компетенций может быть сформирован на основе оценки рынка труда и специализированных профессиональных стандартов [10] или на основе оценки требований профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации [12].

На основе анализа стандартов высшего образования в области информационных технологий [1] и профессиональных стандартов [12] были разработаны онтологические модели, отражающие требования к специалистам в области информационных технологий. На рисунках 4 и 5 в качестве примера приведены онтологии требований к системному архитектору и программисту.

Построенные онтологии формально описаны на языке XML. Для обработки этих XML-файлов и представления этих знаний в удобном и понятном пользователю виде было разработано специальное программное обеспечение. Используя данное программное обеспечение, пользователи могут формировать набор требований к выпускнику, оценивать востребован-

ность тех или иных разделов знаний в области информационных технологий. Данный инструментарий может быть использован как для оценки уже существующих требований к специалисту, так и для формирования нового набора требований, связанного с изменением технологий и систем. Перспективой развития данного подхода является возможность реализации распределённой системы оценки компетентностей специалистов в области информационных систем и технологий.

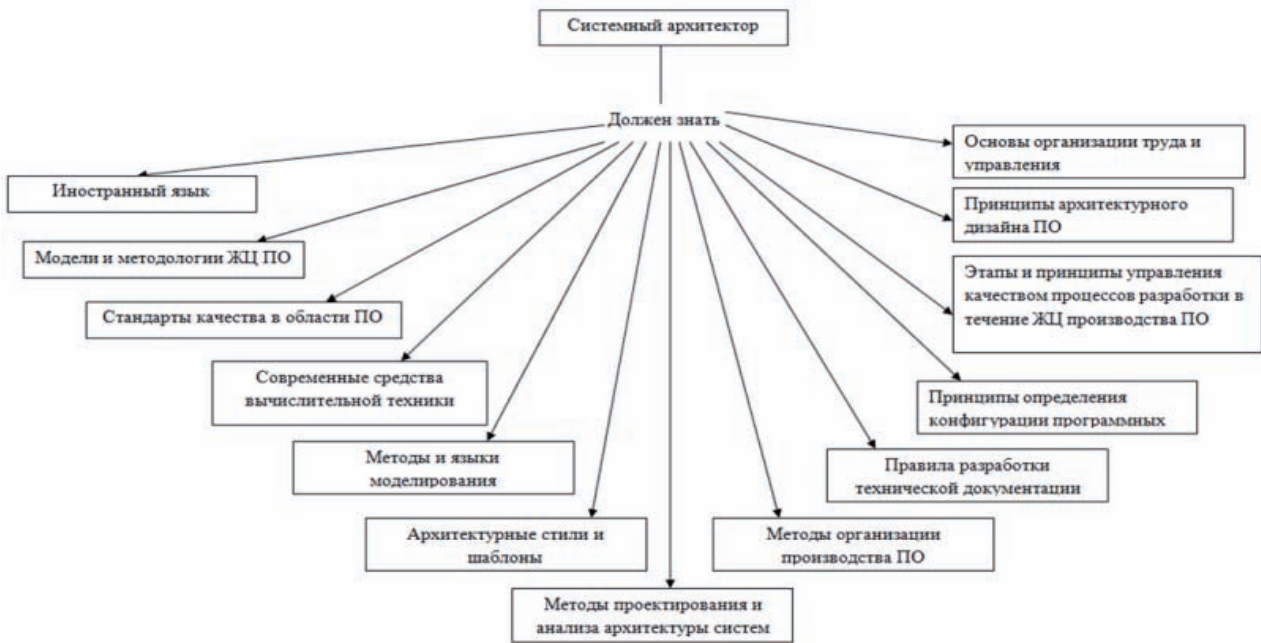


Рисунок 4 – Фрагмент онтологии области знаний системного архитектора

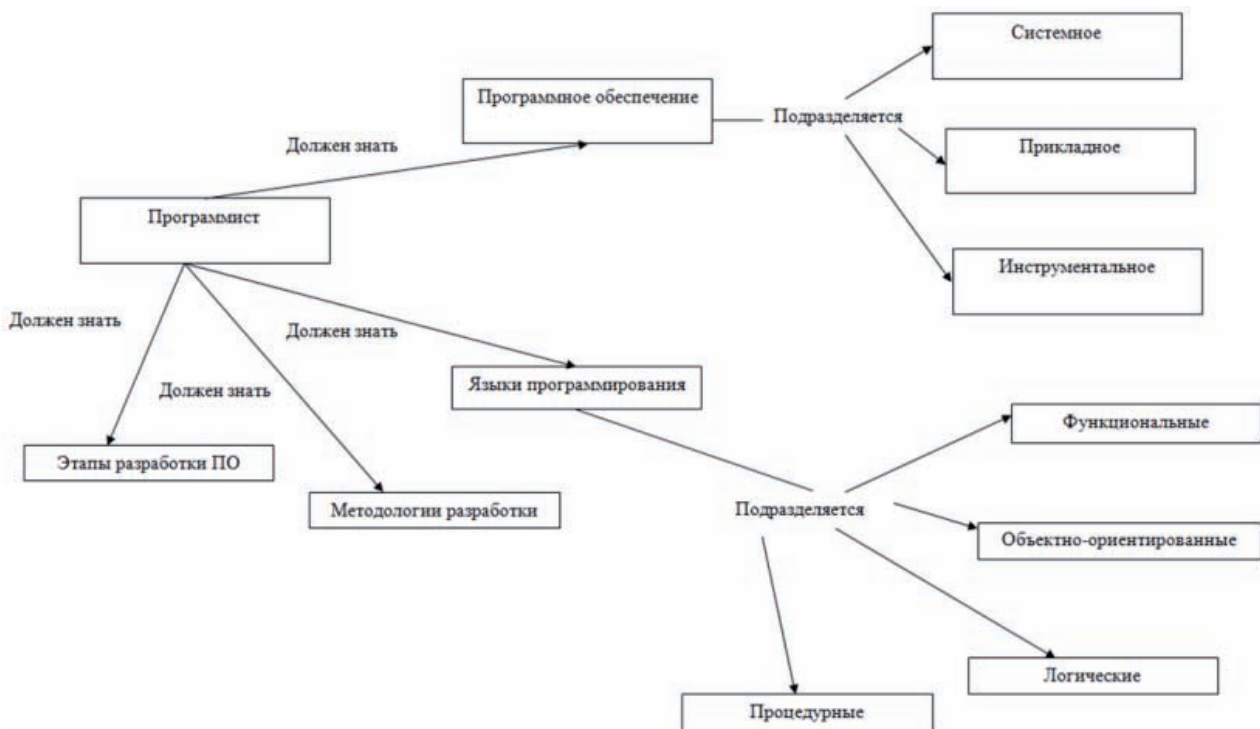


Рисунок 5 – Фрагмент онтологии области знаний программиста

Заключение

В результате анализа, проведённого с использованием представленных в статье прикладных онтологий, был выявлен ряд несоответствий.

- Формальное несоответствие перечня компетенций в различных образовательных стандартах. Даже в образовательных стандартах в области ИТ-технологий, близких по смыслу, наблюдался различный набор общекультурных и профессиональных компетенций. Следует отметить, что анализ перечня компетенций в модернизированном варианте ФГОС показал, что данный недостаток был устранён.
- Несоответствие требований по наборам компетенций. В образовательном стандарте направления 09.03.01 Информатика и вычислительная техника можно выявить несоответствие общего перечня требуемых компетенций и перечня компетенций, которые должны быть получены в результате изучения дисциплин всех разделов учебного плана.

Недостатки, выявленные в результате анализа формального соответствия ООП направлений подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника и 09.03.02 Информационные системы и технологии требованиям ФГОС по трудоёмкости дисциплин, перечню формируемых ООП компетенций, перечню обязательных учебных дисциплин были устранены в ходе корректировки учебного плана.

На основе онтологии профессиональных компетенций для направления 09.03.02 Информационные системы и технологии реализована экспертная система по оценке соответствия уровня подготовки выпускника индивидуальным потребностям работодателя [13].

Всё это позволяет сделать вывод, что применение онтологий для формализации такой ПрО, как организация учебного процесса ВУЗа, представляется весьма перспективным. Дальнейшие исследования в этой области могут быть направлены как на разработку предметных и прикладных онтологий ПрО, так и на разработку инструментария, позволяющего не только зафиксировать разработанные онтологии, но и проводить качественный и количественный анализ ПрО с использованием онтологических моделей.

Благодарности

Представленное в статье исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-06-00026.

Список источников

- [1] Портал Федеральных государственных образовательных стандартов. - <http://www.fgosvo.ru> – Дата обращения 20.10.2015.
- [2] *Байдено, В.И.* Болонский процесс: на пути к Берлинской конференции / В.И. Байденко. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2004. – 408 с.
- [3] Болонский процесс: поиск общности европейских систем высшего образования (проект TUNING) / Под ред. В.И. Байденко. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2006. – 211 с.
- [4] *Тарасенко, Ф.П.* Прикладной системный анализ (Наука и искусство решения проблем) / Ф.П. Тарасенко. – Томск: Изд-во Томского университета, 2004. – 186 с.
- [5] Профессиональные стандарты в области информационных технологий. – М.: АП КИТ, 2008. – 616 с.
- [6] *Studer, R.* Knowledge Engineering: Principles and methods / R. Studer, R. Benjamins, D. Fensel // Data and knowledge engineering. – 1998. – No. 25. – P. 161–197.
- [7] *Бахвалова, З.А.* Онтологическое моделирование субъектов образовательного кластера / З.А. Бахвалова, Л.В. Массель, Н.Н. Макагонова, В.В. Трипутина // Информационные и математические технологии в науке и управлении: Труды XIII Байкальской Всероссийской конференции. Часть II. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2008. – С. 267-278.

- [8] **Бахвалов, С.В.** Использование онтологического моделирования при планировании учебного процесса ВУЗа / С.В. Бахвалов, З.А. Бахвалова // Информационные и математические технологии в науке и управлении: Труды XVI Байкальской Всероссийской конференции. Часть III. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2011. – С. 157-165.
- [9] Проектирование основных образовательных программ ВУЗа при реализации уровневой подготовки кадров на основе федеральных образовательных стандартов / Под. ред. С.В. Коршунова. – М.: МИПК МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 203 с.
- [10] Ассоциация предприятий компьютерных и информационных технологий. Профессиональные стандарты в области ИТ. - <http://www.apkit.ru/committees/education/meetings/standarts.php> – Дата обращения 20.10.2015.
- [11] **Ларюхин, В.Б.** Онтология образовательного процесса по направлению «Информационные системы и технологии» / В.Б. Ларюхин, С.А. Пивявский // Онтология проектирования. – 2012. - №2(4). - С. 44-57.
- [12] Профессиональные стандарты. - <http://profstandart-kadry.ru> - Дата обращения 20.10.2015.
- [13] **Бахвалов, С.В.** Применение логико-аксиологического подхода к оценке качества подготовки выпускников / С.В. Бахвалов, Л.В. Аршинский // Вестник ИрГТУ. – 2014. - №9. - с. 12-17.

ONTOLOGICAL MODELING APPLIED TO PROBLEMS OF UNIVERSITY EDUCATIONAL PROCESS ORGANIZATION

S.V. Bahvalov¹, O.G. Berestneva^{2,a}, O.V. Marukhina^{2,b}

¹Irkutsk State Technical University (National Research University), Irkutsk, Russia
bsv@istu.edu

²Tomsk Polytechnic University (National Research University), Tomsk, Russia
ogb@yandex.ru^{2,a}, marukhina@tpu.ru^{2,b}

Annotation

Due to transition to a new generation of standards, the list of tasks associated with the planning and organization of educational process, structure and composition of the basic educational program is forming. The challenge of evaluation of conformity of the educational program requirements with educational and professional standards and consideration of current market's and students' needs is visible at the initial stage of planning the structure and composition of the educational process. The paper presents examples of ontological models for solving tasks of the university educational process, and description of their design. Two examples were reviewed: ontological modeling for planning educational process of high school and ontological modeling to describe the competencies of IT-specialists. The conclusion is made about the prospects of ontologies using for formalization such subject area as the organization of the educational process of the university.

Key words: *educational process, the curriculum, ontology modeling, competence, IT Specialist, professional standard, educational standard.*

References

- [1] Portal Federal State Educational Standards. - <http://www.fgosvo.ru> – Valid on 20.10.2015. (In Russian).
- [2] **Baydenko, V.I.** The Bolonskij process: na puti k Berlinskoj konferencii [Bologna Process: Towards the Berlin conference] / V.I. Baydenko. - Moscow: Research Center of quality problem softtraining, 2004. – 408 p. (In Russian).
- [3] Bolonskij process: poisk obshhnosti evropejskih system vysshego obrazovaniya (proekt TUNING) [The Bologna process: search generality of European higher education systems (project TUNING)] / Ed.: V.I. Baydenko. - Moscow: Research Center of quality problem softtraining, 2006. – 211 p. (In Russian).
- [4] **Tarasenko, F.P.** Prikladnoj sistemnyj analiz (Nauka i iskusstvo resheniya problem) [Applied Systems Analysis (science and art of problem solving)] | F.P. Tarasenko - Tomsk: Publishing TSU, 2004. - 186 p. (In Russian).
- [5] Professional standards in the field of information technologies - Moscow: APKIT, 2008. - 616 p. (In Russian).
- [6] **Studer, R.** Knowledge Engineering: Principles and methods / R. Studer, R. Benjamins, D. Fensel // Data and knowledge engineering. – 1998. – No. 25. – P. 161–197.
- [7] **Bahvalova, Z.A.** Ontologicheskoe modelirovanie subjektov obrazovatel'nogo klastera [Ontological modeling subjects of educational cluster] / Z.A. Bahvalova, L.V. Massel, N.N. Makagonova, V.V. Triputina // Information and

- mathematical technologies in science and management: Proc. of XIII Baikal-Russia conference. Part II - Irkutsk: ESI SB RAS, 2008. - P. 267-278. (In Russian).
- [8] **Bahvalov, S.V.** Ispol'zovanie ontologicheskogo modelirovaniya pri planirovanii uchebnogo processa VUZa [Using the ontological modeling in the planning of the learning process of the university] / S.V. Bahvalov, Z.A. Bahvalova // Information and mathematical technologies in science and management: Proc. of XVI Baikal-Russia conference. Part III. - Irkutsk: ESI SB RAS, 2011. - P. 157-165. (In Russian).
- [9] Proektirovanie osnovnykh obrazovatel'nykh program VUZa pri realizacii urovnevoj podgotovki kadrov na osnove federal'nykh obrazovatel'nykh standartov [Design of basic education programs in the implementation of the university-level training on the basis of federal educational standards] / Ed.: S.V. Korshunov. - Moscow: MIPK MSTU N.E. Bauman, 2010. – 203 p. (In Russian).
- [10] Association of Computer and Information Technology. Professional standards in the field of IT. <http://www.apkit.ru/committees/education/meetings/standarts.php> – Valid on 20.10.2015. (In Russian).
- [11] **Larukhin, V.B.** Ontology of educational process in the direction “Information systems and technologies” / V.B. Larukhin, S.A. Piyavsky // Ontologija proektirovaniya [Ontology of Designing]. – 2012. – No. 2(4). - P. 44-57. (In Russian).
- [12] Professional standards. - <http://profstandart-kadry.ru> - Valid on 20.11.2015. (In Russian).
- [13] **Bakhvalov, S.V.** Applying Logical and Axiological Approach to Assess Graduates' Training Quality / S.V. Bakhvalov, L.V. Arshinsky // Vestnik irkutskogo technicheskogo universiteta [Proc. of Irkutsk State Technical University]. – 2014. – No. 9. - P. 12-17. (In Russian).

Сведения об авторах



Бахвалов Сергей Владимирович, 1958 г. рождения. Окончил Иркутский политехнический институт в 1980 г., к.т.н. (1985). Заведующий кафедрой автоматизированных систем Иркутского национального исследовательского технического университета. Член-корреспондент Международной академии организации производства. В списке научных трудов более 50 работ в области оценки качества образовательного процесса и информационных технологий.

Bakhvalov Sergei Vladimirovich (b. 1958) graduated from the Irkutsk Polytechnic Institute (Irkutsk-city) in 1980, PhD (1985). He is head of the Department of automated systems of the Cybernetics Institute at Irkutsk National Research Technical University. He is a member of International Academy Industrial Organization. He is co-author more 50 scientific articles and abstracts in the field of assessing the quality of the educational process and information technologies.



Берестнева Ольга Григорьевна, 1955 г. рождения. Окончила Томский политехнический университет в 1978 г., д.т.н. (2007). Профессор кафедры прикладной математики Института кибернетики Томского политехнического университета. Академик Международной академии информатизации. В списке научных трудов более 250 работ в области математического моделирования и информационных технологий.

Berestneva Olga Grigorievna (b. 1955) graduated from the Tomsk Polytechnic University (Tomsk-city) in 1978, PhD (2007). She is Professor at Tomsk Polytechnic University, Department of Applied Mathematics of the Cybernetics Institute. She is a member of International Informatization Academy. He is co-author more 250 scientific articles and abstracts in the field of mathematical modeling and information technologies.

<http://portal.tpu.ru/SHARED/o/OGB>



Марухина Ольга Владимировна, 1974 г. рождения. Окончила Томский политехнический университет в 1999 г., к.т.н. (2003). Доцент кафедры оптимизации систем управления Института кибернетики Томского политехнического университета. Член-корреспондент Международной академии информатизации. В списке научных трудов более 50 работ в области оценки качества образовательного процесса и интеллектуального анализа данных.

Marukhina Olga Vladimirovna (b. 1974) graduated from the Tomsk Polytechnic University (Tomsk-city) in 1999, PhD (2003). She is Associate Professor at Tomsk Polytechnic University (Department of optimization control system of the Cybernetics Institute). She is a member of International Informatization Academy. She is co-author more 50 scientific articles and abstracts in the field of assessing the quality of the educational process and data mining.

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОМПОНЕНТОВ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ

В.Е. Гвоздев¹, Д.В. Блинова²

Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

¹wega55@mail.ru, ²blinova.darya@gmail.com

Аннотация

Статья посвящена анализу дефектов в аппаратно-программных комплексах (АПК) как составной части управления функциональной безопасностью сложных систем. Выделены места возникновения непреднамеренных дефектов, способных нарушить функциональную безопасность АПК. Предложен подход к рассмотрению понятия «дефект» как многомерной системы, описаны её проекции: влияние на правообладателей, технологическая, управленческая. Приведена классификация дефектов, характерных для программных продуктов и проектов. Предложены системные и математические модели программных продуктов и проектов как основа выявления возможных мест возникновения дефектов. Описана роль субъективной составляющей при разработке компонентов АПК.

Ключевые слова: функциональная безопасность, дефект аппаратно-программного комплекса, классификация дефектов, холистический подход, программный продукт, программный проект.

Введение

В литературе, посвященной управлению сложными системами [1, 2] отмечается необходимость исследования не только «полезных» (useful), но и «вредных» (harmful) функций системы. В работе [3] подчёркивается необходимость смещения акцентов в проблематике создания аппаратно-программных комплексов (АПК) от вопросов штатной эксплуатации к вопросам их безопасного функционирования. Там же отмечается необходимость совершенствования технологий разработки, позволяющих обеспечивать защиту изделий как от злонамеренных действий, так и от непреднамеренных ошибок, допускаемых разработчиками на разных стадиях жизненного цикла АПК. В работах [3-5] отмечается, что одним из перспективных современных направлений исследований в области системной инженерии является создание методологических и теоретических основ дефектологии АПК. При этом следует выделять классы задач, связанные с обеспечением технологической и эксплуатационной безопасности АПК. Предлагаемая классификация является условной и основана на задачах, выделенных при анализе литературных источников [3, 5]:

- задачи, решаемые в рамках комплексной проблемы защиты информации [3], в том числе задачи, связанные с обеспечением конфиденциальности, целостности и доступности информации для случая, когда в решении задач активное участие принимает пользователь [5];
- задачи, связанные с построением АПК для управления и обработки информации в реальном времени при относительно малом участии пользователей (задачи функциональной безопасности) [5]. Под функциональной безопасностью АПК понимается свойство АПК сохранять работоспособность в соответствии со своим назначением при случайных дестабилизирующих воздействиях и отсутствии злоумышленного влияния на программную, аппаратную составляющую или базы данных).

В данной работе авторами под дефектом понимается предпосылка к ошибке, возникновение (реализация) которой влечет за собой значимые потери для пользователя АПК. Следует обратить внимание на то, что к настоящему времени не сформировано единой и устойчивой терминологии в области дефектологии; например, в работах [5-7] описана проблематика классификации дефектов и затрагиваются вопросы выработки понятий по данному разделу.

Проведённый анализ литературы позволяет сделать заключение о необходимости различать подходы к управлению дефектами, вносимыми в изделия преднамеренно, и дефектами, допускаемыми разработчиками АПК непреднамеренно, при том, что масштабы негативных последствий от непреднамеренных дефектов могут многократно превосходить масштабы последствий злонамеренных действий. Кроме того, следует по-разному подходить к управлению непреднамеренно допускаемыми дефектами на разных стадиях жизненного цикла изделий в силу различной природы дефектов.

По нашему мнению, в литературе [8, 9], посвящённой проектированию, обеспечению эксплуатации и развитию систем обработки и обмена информацией, в основном, внимание акцентируется на полезных функциях. В то же время, понятие «дефект» необходимо увязывать с понятием «вредная функция». Изучению вредных функций не уделялось должного внимания в исследованиях, связанных с управлением качеством систем информационной поддержки управления. К настоящему времени получила развитие методологическая, модельная и инструментальная основа управления надёжностью изделий электронной техники, но аналогичное заключение нельзя сделать относительно надёжности программной составляющей АПК, хотя известны публикации [10] по тематике инженерии надёжности программных систем (Software Reliability Engineering).

Анализ литературных источников, а также опыт участия в реализации программных проектов, позволяет сделать заключение об отсутствии чётких методических основ назначения норм надёжности программных продуктов и функциональной безопасности программных систем. Требуется развития методологическая, методическая и модельная, инструментальная основа проектирования программных систем, продуктов и модулей, удовлетворяющих заданным требованиям по надёжности и функциональной безопасности; способов доказательства соответствия фактических свойств изделий заданным требованиям. Важность подобных исследований подтверждается, например, данными, приведёнными в [11]. В этом источнике приводятся сведения о потерях (финансовых, временных), обусловленных дефектами в прикладных программных системах, о количестве программных продуктов, претерпевающих переработку из-за выявленных дефектов.

Необходимо подчеркнуть влияние дефектов в организации программных проектов на наличие дефектов в программных продуктах. Программный проект есть развернутый во времени программный продукт. Различные фазы жизненного цикла программного проекта представляют собой последовательное преобразование ожиданий правообладателей в машинные коды.[12]. Из этого можно заключить, что дефекты организации программных проектов являются первичными по отношению к дефектам в программных продуктах.

Многомерность понятия «дефект» в проекте диктует его исследование, по крайней мере, в следующих проекциях.

- *Социальная.* Необходимость исследования этой проекции обусловлена тем, что дефекты в АПК способствуют реализации вредных функций системой, в которую они встроены. Это, в свою очередь, может представлять угрозу для внешних и внутренних правообладателей системы [14]. Иными словами, понятие «дефект» напрямую связано с понятиями «угроза» и «риск» [5] (угроза обусловлена воздействием внешней среды на проект, риск ассоциирован с внутренней средой объекта управления).

- *Технологическая.* Необходимость этой проекции обусловлена тем, что причинами дефектов являются:
 - ограниченные возможности изучения потребностей, ожиданий и желаний правообладателей [13] (внешних и внутренних [14]). Это обусловлено слабой формализацией известных технологий извлечения реальных потребностей пользователей;
 - ограниченность методов, моделей и инструментов планирования и управления проектами в условиях высокой изменчивости как внешней, так и внутренней сред проектов, связанных с созданием, модернизацией и развитием АПК [11, 15-17]. Центральной составляющей внешней среды являются потребности, желания, ожидания правообладателей, а также ограничения, накладываемые на способы реализации программных проектов в виде бюджета и сроков реализации проекта. Внутренняя среда представляет собой совокупность основных, вспомогательных и обеспечивающих процессов [18], результатом реализации которых является АПК;
 - отсутствие «бесшовных» технологий реализации как отдельного проекта [19], так и при построении интегрированных информационно-коммуникационных систем на базе локальных АПК [20].
 - индивидуальные пристрастия разработчиков в выборе инструментария реализации проектов (в литературе этому соответствует понятие «инструментальный ящик проектов» [19]). Интеграция компонентов, реализованных разным набором инструментов, также является причиной возникновения дефектов.
- *Управленческая.* Организационная структура, методология, методическое и другие виды обеспечения зависят от масштаба и сложности проекта. Источниками возникновения дефектов могут служить, например, модель жизненного цикла (при реализации ИТ-проектов в условиях высокой изменчивости требований организационным дефектом будет выбор «водопадной» модели жизненного цикла; альтернативой широко применяемой «водопадной» модели в таких условиях являются подходы, соответствующие Agile process [15]), либо неадекватный набор нормативных документов, положенных в основу реализации проекта [8]. Следует особо подчеркнуть роль субъективной составляющей в реализации ИТ-проектов как источника дефектов. Многогранность субъективной составляющей подтверждается также статистическими данными, показывающими доминирующую роль субъективной составляющей ИТ-проектов на исход проекта [11, 15].

Дефекты (с точки зрения потребителей информационных продуктов и услуг) могут возникать и в изначально функционально-пригодных АПК. Это обусловлено содержанием понятия «отказ» применительно к программной составляющей АПК [10]. Отказом считается отставание в темпе предоставления информации от того, который необходим для обеспечения эффективного управления системой, в которую встроено АПК. Причиной этого является то, что внешняя среда, в которой фактически оказывается управляемая система, с течением времени начинает отличаться от той, описание которой содержится в техническом задании на разработку АПК.

Отмеченные обстоятельства позволяют сделать заключение о необходимости активизации исследований в области дефектологии АПК, что создаст базу для обеспечения требуемого уровня функциональной безопасности систем информационной поддержки управления.

1 Классификация дефектов

Многомерность и динамическая природа объекта исследования «*дефект программного компонента АПК*» диктует множественность подходов к классификации дефектов.

В общем случае целью решения задачи классификации является выделение относительно устойчивых образований («классов дефектов»), что служит основанием развития теоретических положений и разработки инструментальных средств для исследования дефектов с учётом различия приоритетов, соответствующих разным классам.

В первую очередь следует разграничить дефекты в продуктах и дефекты в проектах. Дефекты продуктов являются производными дефектов проектов. Коренной причиной дефектов обоих классов является неопределённость как в требованиях к потребительским свойствам продукта, так и в способах обеспечения этих требований [21].

Заметим, что в [22] считается, что на вход программного проекта поступают требования пользователей (функциональные, иначе называемые «требования-возможности», описывающие, решение каких классов задач должен обеспечивать продукт; нефункциональные, иначе «требования-ограничения», определяющие такие характеристики, как надёжность, быстродействие и др.)¹. Это подчёркивает сложность формирования спецификации требований пользователей, а также иллюстрирует стремление разработчиков методологий реализации ИТ-проектов дистанцироваться от возможной неудачной реализации проекта.

Если в основу классификации продуктов положить показатель сложности (для программного модуля и приложения, построенного по модульному принципу, определён формальный показатель в виде цикломатического показателя сложности [17]), то можно выделить следующие классы объектов:

- программный модуль/компонента АПК, предназначенный для реализации ограниченного числа операций в рамках реализации функции, представляющей ценность для конечного пользователя;
- локальная программная система, предназначенная для реализации ограниченного числа функций, представляющих ценность для пользователя;
- компонента функциональной подсистемы, решающая ограниченный круг задач, связанных со сбором, обеспечением доступностью, систематизацией, обеспечением сопоставимости, обеспечением хранения, обработки и представления информации в рамках широкого круга задач, связанных с информационным обслуживанием выделенной целевой группы внешних правообладателей [14, 23, 24];
- функциональная подсистема, решающая широкий круг задач, связанных с информационным обслуживанием выделенной целевой группы внешних правообладателей;
- корпоративная информационная система, являющаяся исчерпывающей информационной моделью организации;
- информационно-коммуникативная система, создаваемая на базе информационно-вычислительных систем и обеспечивающая взаимодействие и информационное обслуживание территориально-распределённых агентов [20].

Различное содержание понятия «дефект» в зависимости от уровня сложности объекта связано с использованием терминов: «bugs», «defect», «fault». Первый термин применим на уровне модуля (точка зрения разработчика); второй – на уровне локальной программной системы (точка зрения разработчика); третий – на уровне подсистемы /системы (точка зрения пользователя).

Каждому из этих классов объектов соответствует свой подход к исследованию дефектов и их проявлений. Примерами исследований, ориентированных на управление дефектами и соответствующих некоторым из выделенных классов, служат:

¹ Согласно IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications IEEE Std 830-1998 требования должны обладать признаками корректности, однозначности, полноты, согласованности, верифицируемости, модифицируемости, трассируемости и ранжированные по важности.

- на уровне модуля – прогнозирование количества дефектов на основе показателя сложности [25];
- на уровне локальной программной системы – модели надёжности [10, 26, 27];
- модели для оценки надёжности функционально-сложных систем со сложными стратегиями ремонта и технического обслуживания – марковский анализ [28].

Следует подчеркнуть, что приведённая классификация, как и всякая классификация, является условной. Это обуславливает изменение содержания понятий «операция», «функция», «компонента», «система» по мере развития интеллектуальности средств сбора, обработки, хранения и представления информации, и, следовательно, изменяет содержание понятий «дефект», «ошибка», «отказ».

Классификация программных проектов по показателю сложности возможна по аналогии с СММИ [29]:

- проекты, реализация которых возможна без использования систематических процедур, по интуиции (*ad hoc*);
- проекты, основанные на структуризации процессов;
- проекты, основанные на использовании полезных практик, закреплённых в нормативных документах, руководствах и рекомендациях;
- проекты, основанные на использовании взаимосвязанной совокупности нормативных документов, моделей и инструментов («инструментального ящика проекта» [19]);
- проекты, основанные на комплексном формальном анализе альтернативных вариантов построения как структур взаимосвязанных процессов, так и способов реализации отдельных этапов этих процессов [19, 30].

Поэтапная реализация АПК позволяет рассматривать проекты и продукты как системы с конечным числом элементов или состояний системы [31].

Изложим содержание известной модели [31] системы Σ с конечным числом состояний:

$$(1) \quad \Sigma = (U, Y, Q, \lambda, \gamma),$$

в терминах программного проекта и продукта.

Для *продукта* составляющие модели получают следующее содержание:

U – множество требований пользователей (внешний облик АПК/ограничения АПК);

Y – множество потребительских свойств АПК;

Q – множество состояний продукта (модель жизненного цикла продукта);

λ – множество функций перехода между стадиями жизненного цикла:

$$(2) \quad \lambda_i: Q_i \times U_i \rightarrow Q_{i+1}, \quad i = \overline{1, n-1},$$

здесь i – номер стадии;

γ – множество функций выхода (результатов i -й стадии, поступающих на вход $(i+1)$ -й стадии):

$$(3) \quad \gamma_i: Q_i \times U_i \rightarrow Y_i.$$

Для *проекта* содержание модели получает следующее толкование:

U – множество требований к проекту (сроки; стоимость; ограничения на условия реализации);

Y – множество характеристик качества проекта (социальных; политических; финансовых; технологических; научных; образовательных);

Q – множество компонентов основного (реализации проекта), вспомогательного (инструменты), обеспечивающего (управление) процессов;

λ – множество работ, реализуемых на j -й стадии проекта:

$$(4) \quad \lambda_j: Q_j \times U_j \rightarrow Q_{j+1}, \quad j = \overline{1, n-1},$$

γ – множество промежуточных продуктов, получаемых на стадиях проекта (критериев перехода от j -й стадии к $(j+1)$ -й стадии):

$$(5) \quad \gamma_j: Q_j \times U_j \rightarrow Y_{j+1}.$$

Приведённые системные модели служат основанием для выделения возможных мест возникновения дефектов. Для продуктов: требования; потребительские свойства; модель жизненного цикла; переходы между стадиями жизненного цикла; входные/выходные результаты стадий жизненного цикла. Для проектов: требования; показатели ценности результатов проекта с точки зрения разных правообладателей; состав процессов; состав работ; качество промежуточных продуктов.

Основу классификации мест возникновения дефектов в продукте может составить структура типового процесса разработки и использования АПК (рисунок 1). Предлагаемая модель построена по аналогии с известной V-моделью жизненного цикла программного продукта [32].

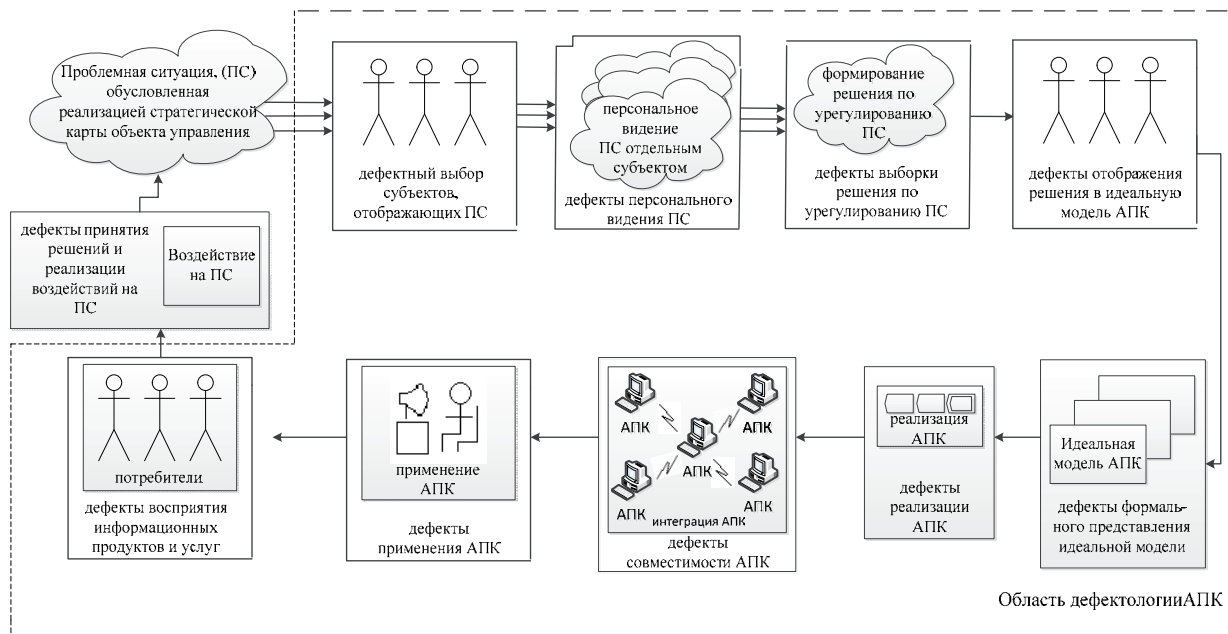


Рисунок 1 – Места возникновения дефектов при создании и использовании АПК

Использование такой классификации поможет снизить неопределённость при разработке программного проекта за счет структуризации процесса. Следует подчеркнуть, что в литературе широко освещаются проблемы возникновения дефектов на стадии реализации (кодирования и испытания), но причинам возникновения дефектов на других стадиях не уделяется должного внимания.

Основу классификации мест возникновения дефектов в программном проекте также могут составить ключевые направления совершенствования IT-проектов, определённые в работах [15, 16].

Предлагаемые подходы к классификации дефектов в компонентах АПК и проектах реализации их компонент не могут считаться исчерпывающими. Приведённые примеры лишь иллюстрируют множественность подходов к изучению дефектов.

Классификацию моделей дефектов можно увязать с классификацией их типов, например:

- конструктивные;

- технологические;
- временные.

Примером математической модели дефектов в классе моделей конструктивных дефектов является установление формальных соотношений между показателем сложности продукта и ожидаемым числом дефектов [25].

Примером структурной модели, отражающей технологические аспекты предупреждения и ранней идентификации дефектов, является V-модель жизненного цикла программного продукта [32].

Примером модели, ориентированной на сокращении времени разработки программной компоненты АПК с требуемыми потребительскими свойствами в условиях высокой изменчивости требований пользователей, является Agile Process [15].

В качестве примера классификации моделей дефектов в проектах можно привести следующее:

- моделирование последствий дефектов во внешней и внутренней средах проекта;
- моделирование дефектов в организации проектов;
- моделирование последствий дефектов в планах проектов.

Проведённый анализ литературных источников не позволил выявить модели дефектов, относящихся к выделенным классам.

2 Холистический подход к анализу дефектов

Одним из фундаментальных подходов к исследованию сложных систем является рассмотрение её как взаимодействующей совокупности целостностей [31, 33]. Анализ критических факторов успеха и неудач, связанных с реализацией IT-проектов [15, 16], позволяет сделать однозначный вывод о решающей роли субъективной составляющей на результаты проекта. Рассуждая о дефектах, следует подчеркнуть, что различные правообладатели по-разному относятся к одним и тем же свойствам АПК, входящим в состав сложных систем, в том числе к наличию и проявлению разных дефектов. Это обусловлено различием точек зрения, в рамках которых каждый правообладатель относится к ценностям, создаваемым АПК [9, 24].

Известно, что каждую систему следует рассматривать с позиции внешнего поведения и внутреннего устройства. Внешнее поведение – это основа оценивания системы потребителем. Внутреннее устройство – это основа оценивания системы и её компонентов разработчиками. Различие точек зрения на систему приводит к заключению о различном отношении к одним и тем же дефектам разных правообладателей. Рассмотрение дефекта как неотъемлемого свойства сложных систем, с одной стороны, различное видение разными правообладателями одной и той же системы, с другой стороны, определяющая роль субъекта в разработке компонентов системы и оценивании их потребительских свойств, с третьей, позволяют сделать заключение о множественности холонических моделей дефектов. На рисунках 2-4 в качестве примера приведены холонические модели дефектов, соответствующие рассмотрению компонентов АПК внешними и внутренними правообладателями.

Дефекты характерны каждому из отношений и сущностей, каждой сущности соответствует дефект своего класса. Построение моделей связей дефектов видится авторами актуальной задачей, требующей дальнейшего рассмотрения.

Приведённые примеры призваны подчеркнуть такую грань холистического подхода, как единство объективного и субъективного (на эту особенность обращается внимание, например, в [34] со ссылкой на Я. Сметса). Актор (субъективная компонента) является фокусом управления функциональной безопасности системы: он выделяет внешние объекты, для информационной поддержки управления которыми используется АПК. Он определяет страте-

гию, критерии качества и ограничения управления. Актор формирует внешний облик АПК, определяет стратегию построения, использования и развития АПК.



Рисунок 2 – Холоническая модель дефекта с точки зрения создания и обеспечения функционирования и развития АПК



Рисунок 3 – Холоническая модель дефекта с точки зрения пользователя АПК



Рисунок 4 – Холоническая модель дефекта с точки зрения руководителя проекта

Следует отметить, что содержание компонентов представленных холонов (и, следовательно, содержание ассоциированных с ними дефектов) зависит от уровня рассмотрения АПК: программного модуля/технического устройства, локальной автоматизированной системы; компоненты функциональной подсистемы корпоративной информационной системы; функциональной подсистемы корпоративной информационной системы; корпоративной информационной системы; территориально распределённой информационно-коммуникационной системы.

Заключение

Рассмотрены подходы к классификации дефектов в компонентах АПК и проектах реализации их компонент. Изложено описание общей модели сложных систем в терминах продуктов (компонентах АПК) и проектах их реализации.

Обосновывается положение о плодотворности холистического подхода к изучению дефектов в компонентах АПК с позиций системного анализа. Это обусловлено неразрывным единством объективной (ограниченность инструментальных средств проектирования; ограниченная область применения системных, знаковых моделей и т.д.) и субъективной (различное отношение разных правообладателей к одним и тем же свойствам изделий) точек зрения.

Приведён ряд колониических моделей дефектов, отражающих разные точки зрения правообладателей на дефекты и их проявления.

Список источников

- [1] *Лапыгин Ю.Н.* Стратегический менеджмент. Учебное пособие – М.: Высшее образование, 2007. – 174 с
- [2] *Chai, K.-H.* A TRIZ-Based Method for New Service Design. National University of Singapore / Kan-Hin Chai, Jun Zhang, Kay-Chuan Tan // Journal of Service Research. – 2005. – Vol. 8, No. 1. – P. 48-66.
- [3] *Нагибин, С.Я.* Технологическая безопасность программного обеспечения – новая проблема в области создания информационных систем / С.Я. Нагибин, Б.П. Пальчун, Л.М. Ухлинов // Информационное общество. – 1995. - Вып. 6. - с. 45-49.
- [4] *Бородакий, Ю.В.* Проблема имитационного моделирования дефектоскопических свойств компьютерной инфосферы / Ю.В. Бородакий, Р.М. Юсупов, Б.П. Пальчун // Труды 3-й всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика». - Санкт-Петербург, 2007. - с. 87-92.
- [5] *Липаев, В.В.* Функциональная безопасность программных средств / В.В. Липаев. - М.: СИНТЕГ, 2004. – 348 с.
- [6] *Марков, А.С.* Систематика уязвимостей и дефектов безопасности программных ресурсов / А.С. Марков, А.А. Фадин // Защита информации INSIDE. - 2013. - №3. – с. 2-7.
- [7] *Черняховская, Л.Р.* Разработка моделей и методов интеллектуальной поддержки принятия решений на основе онтологии организационного управления программными проектами/ Л.Р. Черняховская, А.И. Малахова //Онтология проектирования, № 4 (10), 2013. – с. 42-52.
- [8] *Липаев В.В.* Процессы и стандарты жизненного цикла сложных программных средств. М.: СИНТЕГ, 2006. – 260 с.
- [9] Учебник 4СЮ. Версия 1.0. М.: 4СЮ, 2011.– 228 с.
- [10] *Липаев В.В.* Надежность программных средств. М.: СИНТЕГ, 1998. – 232 с.
- [11] CHAOS MANIFESTO 2014: Value versus Success & The Orthogonals. The Standish Group International, <http://blog.standishgroup.com/post/14>.
- [12] *Гвоздев, В.Е.* Пирамида программного проекта/В.Е. Гвоздев, Б.Г. Ильясов //Программная инженерия. Теоретический и прикладной научно-технический журнал. № 1, 2011. – с. 16-24.
- [13] *Christel, M.G.* Issues in Requirements Elicitation / M.G. Christel, K.C. Kang // Technical Report CMU/SEI – 92 – TR – 012 Esc – TRM – 92 – 012, 1992. http://resources.sei.cmu.edu/asset_files/TechnicalReport/1992_005_001_16478.pdf (Актуально на 24.10.2015).

- [14] **Bourne L.** SRMM Stakeholder Relationship Management Maturity PMI Global Congress EMEA 2008 19-21 May 2008 St. Julians, Malta URL: http://www.mosaicprojects.com.au/Resources_Papers_067.html (Актуально на 24.10.2015).
- [15] CHAOS Manifesto 2011: The Laws of CHAOS and the CHAOS 100 Best PM Practices. The Standish Group International, Incorporated URL: <http://immagic.com/eLibrary/ARCHIVES/GENERAL/GENREF/S110415C.pdf> (Актуально на 05.10.2015).
- [16] CHAOS MANIFESTO 2013: Think Big, Act Small. The Standish Group International, Incorporated URL: <https://larlet.fr/static/david/stream/ChaosManifesto2013.pdf> (Актуально на 05.10.2015).
- [17] ESA PSS-05-10 Guide to software verification and validation, March 1995 URL: <ftp://ftp.estec.esa.nl/pub/wm/anonymous/wme/bssc/PSS0510.pdf> (Актуально на 05.10.2015).
- [18] A Guide to the Project Management Body of Knowledge: (PMBOK Guide), Project Management Institute, 2010
- [19] **Милошевич Д.** Набор инструментов для управления проектами. М.: Компания АйТи: ДМК Пресс, 2008. – 729 с.
- [20] **Тимофеев А.В.** Адаптивное управление и интеллектуальный анализ информационных потоков компьютерных сетей. – СПб: ООО «Анатолия», 2012. – 280 с.
- [21] **Гвоздев, В.Е.** Системное и структурное моделирование требований к программным продуктам и проектам / В.Е. Гвоздев, Д.В. Блинова, Н.И. Ровнейко, О.П. Ямалова // Программная инженерия, 2013. – с. 2-10.
- [22] ESA PSS-05-0 European Space Agency software engineering standards, February 1991 URL: <ftp://ftp.estec.esa.nl/pub/wm/anonymous/wme/bssc/PSS050.pdf> (Актуально на 05.10.2015).
- [23] ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288 – 2005 Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем.
- [24] **Каплан, Р.С.** Сбалансированная система показателей: от стратегии к действию / Р.С. Каплан, Д.П. Нортон. - М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003. – 214 с.
- [25] **Гвоздев, В.Е.** Оценка количества дефектов в программных модулях на основе показателей сложности // В.Е. Гвоздев, А.С. Субхангулова, О.Я. Бежаева // Информационные технологии и системы (ИТиС-2015): Тр. 4-й Междунар. науч. конф. (2015 г., Банное, Россия). - с. 12-14.
- [26] **Луи М.Р.** Handbook of Software Reliability Engineering, IEEE and McGraw-Hill, 1996. – 850 p.
- [27] **Lee, D.Y.** Using Software Reliability Models for Security Assessment - Verification of Assumptions / D.Y. Lee, M. Vouk, L. Williams // ISSRE 2013 (4-7 Nov 2013, Pasadena). - P. 23-24.
- [28] ГОСТ Р 51901.15-2005 – Менеджмент риска. Применение марковских методов.
- [29] CMMI for Development, Version 1.3, Software Engineering Institute, 2010. <http://www.sei.cmu.edu/reports/10tr033.pdf> (Актуально на 24.06.2015).
- [30] IEEE Guide to the Software Engineering Body of Knowledge. SWEBOOK, 2004. <http://www.math.unipd.it/~tullio/IS-1/2007/Appfondimenti/SWEBOOK.pdf> (Актуально на 24.06.2015).
- [31] **Касту Дж.** Большие системы. Связность, сложность и катастрофы: Пер. с англ., 1982. – 216 с.
- [32] **Гвоздев, В.Е.** Элементы системной инженерии: методологические основы разработки программных систем на основе V-модели жизненного цикла / В.Е. Гвоздев, М.Б. Гузаиров, Б.Г. Ильясов, О.Я. Бежаева - М.: Машиностроение, 2013. – 180 с.
- [33] **Виттих В.А.** Ситуационное управление с позиций постнеклассической науки/В.А. Виттих//Онтология проектирования. №2(4). 2012. – с.7-15.
- [34] **Сергеева Л.А.** Актуальность системного подхода в современном информационном обществе // Философские проблемы информационных технологий и киберпространства, № 2, 2011. - с. 248-254.
-

ONTOLOGICAL ANALYSIS OF DEFECTS AT THE DESIGNING OF HARDWARE-SOFTWARE COMPLEXES

V.E. Gvozdev¹, D.V. Blinova²

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

¹wega55@mail.ru, ²blinova.darya@gmail.com

Abstract

The article focuses on the analysis of defects in hardware-software complexes as an integral part of the functional safety management of complex systems. The analysis of unintentional defects locations that could affect the functional safety of hardware-software complexes is made. An approach to the concept of "defect" as a multidimensional system, de-

scribed its projections: impact on stakeholders, technological, managerial is proposed. The classification of characteristic defects for software products and projects are shown. A system and mathematical models of software products and projects as a basis to identify possible locations of defects is described. The role of the subjective component in the designing of the components of hardware-software complexes is demonstrated.

Key words: *function safety, defect of hardware-software complex, classification of defects, holistic approach, program project, program product.*

References

- [1] *Lapigin Yu. N.* Strategicheskij menedgment [Strategic Management]: Uchebnoe posobie – M.: Vishee obrazovanie, 2007. – 174 p. (In Russian).
- [2] *Kan-Hin Chai, Jun Zhang, Kay-Chuan Tan* A TRIZ-Based Method for New Service Design. National University of Singapore// Journal of Service Research, Volume 8, №1, August 2005, pp. 48-66.
- [3] *Nagibin S.Ya., Palchun B.P., Uhlinov L.M.* Technologicheskaja bezopasnost programmnoho obespechenija – novaja problema v oblasti sozdaniya informacionnih sistem [Software technologic safety – new problem in information systems development area] // Informacionnoe obshestvo, 1995. Issue 6. - pp. 45-49. (In Russian).
- [4] *Borodakij Yu.V., Yusupov R.M., Palchun B.P.* Problema imitacionnogo modelirovanija defectoskopicheskikh svoystv komputernoj infosferi [Problem of imitation modelling of computing infosphere defectoscopy features] / Proceedings of the 3rd Russian conf. «Imitation modelling. Theory and Practice» Sankt-Peterburg, 2007. - pp. 87-92. (In Russian).
- [5] *Lipaev V.V.* Funkcionalnaja bezopasnost programmnh sredstv [Function safety of software]. – M.: SINTEG, 2004. – 348 p. (In Russian).
- [6] *Markov A.S., Fadin A.A.* Sistematika ujazvimostei i defektov bezopasnosti programmnh resursov [Taxonomy vulnerabilities and defects of software safety] // Zascshita informacii INSIDE №3, 2013. – pp. 2-7. (In Russian).
- [7] *Chernahovskaja L.R., Malahova A.I.* Development Of Intellectual Decision Support Models And Methods Based On Ontology Of Software Projects Organization Management // Ontology of Designing, № 4 (10), 2013. – pp. 42-52 . (In Russian).
- [8] *Lipaev V.V.* Processi I standarti zhiznennogo tsikla slozhnih programmnh sredstv [Processes and standarts of complicated software lifecycle]. – M.: SINTEG, 2006. – 260 p. (In Russian).
- [9] Uchebnik 4CIO. Versija 1.0. M.: 4CIO, 2011.– 228 p. (In Russian).
- [10] *Lipaev V.V.* Nadejnost programmnh sredstv [Reliability of software]. – M.: SINTEG, 1998. – 232 p. (In Russian).
- [11] CHAOS MANIFESTO 2014: Value versus Success & The Orthogonals. The Standish Group International, <http://blog.standishgroup.com/post/14>
- [12] *Gvozdev V.E., Ilyasov B.G.* Pyramid of software project // Programmnaia injenerija. Teoreticheskij i prikladnoi nauchno-tehnicheskij zhurnal., № 1, 2011 – pp. 16-24 (In Russian).
- [13] *Christel M.G., Kang K.C.* Issues in Requirements Elicitation: Technical Report CMU/SEI – 92 – TR – 012 Esc – TRM – 92 – 012, September 1992.
URL: http://resources.sei.cmu.edu/asset_files/TechnicalReport/1992_005_001_16478.pdf (Valid on: 24.10.2015)
- [14] *Bourne L.* SRMM Stakeholder Relationship Management Maturity PMI Global Congress EMEA 2008 19-21 May 2008 St. Julians, Malta URL: http://www.mosaicprojects.com.au/Resources_Papers_067.html (Valid on 24.10.2015)
- [15] CHAOS Manifesto 2011: The Laws of CHAOS and the CHAOS 100 Best PM Practices. The Standish Group International, Incorporated URL: <http://immagic.com/eLibrary/ARCHIVES/GENERAL/GENREF/S110415C.pdf> (Valid on 05.10.2015)
- [16] CHAOS MANIFESTO 2013: Think Big, Act Small. The Standish Group International, Incorporated URL: <https://larlet.fr/static/david/stream/ChaosManifesto2013.pdf> (Valid on 05.10.2015)
- [17] ESA PSS-05-10 Guide to software verification and validation, March 1995 URL: <ftp://ftp.estec.esa.nl/pub/wm/anonymous/wme/bssc/PSS0510.pdf> (Valid on 05.10.2015)
- [18] A Guide to the Project Management Body of Knowledge: (PMBOK Guide), Project Management Institute, 2010
- [19] *Milosevic D.Z.* Project Management ToolBox: Tools and Techniques for the Practicing Project Manager. – John Wiley & Sons, 2003. – 600 p.
- [20] *Timofeev A.V.* Adaptivnoe upravlenije I intellektualnij analiz informacionnih potokov v komputernih setjah [Adaptive control and intellectual analyses of information flows in networks] – SPb: OOO «Anatilija», 2012. – 280 p. (In Russian).
- [21] *Gvozdev V.E., Blinova D.V., Rovneiko N.I., Yamalova O.P.* Sistemnoe i strukturnoe modelirovanije trebovanij k programmnhim produktam i proektam [System and structural modelling of software projects and products requirements] // Programmnaia injenerija. Teoreticheskij i prikladnoi nauchno-tehnicheskij zhurnal, №5, 2013 – pp. 2-10 (In Russian).

- [22] ESA PSS-05-0 European Space Agency software engineering standards, February 1991
URL: <ftp://ftp.estec.esa.nl/pub/wm/anonymous/wme/bssc/PSS050.pdf> (Valid on 05.10.2015)
- [23] ISO/IEC 15288:2002 «System engineering — System life cycle processes»
- [24] **Kaplan R.S., Norton D.P.** The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action. – Harvard Business Review Press, 1996. – 336 p.
- [25] **Gvozdev V.E., Subhangulova A.S., Bezhaeva O.Ya.** Otsenka kolichestva defektov v programmnykh modulakh na osnove pokazatelei sloznosti [Estimate of the numbers of defects in program modules based on index of difficulty] // Informacionnie tehnologii i sistemi: proc. of 4th Int. conf., Bannoe, Russia, 2015. – pp. 12-14 (In Russian).
- [26] **Lyu M.R.** Handbook of Software Reliability Engineering, IEEE and McGraw-Hill, 1996. – 850p.
- [27] **Lee D.Y., Vouk M., Williams L.** Using Software Reliability Models for Security Assessment - Verification of Assumptions, // ISSRE 2013, Pasadena, 4-7 Nov 2013, pp 23-24
- [28] IEC 61165:1995 Application of Markov techniques
- [29] CMMI for Development, Version 1.3, Software Engineering Institute, 2010.
URL: <http://www.sei.cmu.edu/reports/10tr033.pdf> (Valid on 24.06.2015).
- [30] IEEE Guide to the Software Engineering Body of Knowledge. SWEBOK, 2004.
URL: <http://www.math.unipd.it/~tullio/IS-1/2007/Approfondimenti/SWEBOK.pdf> (Valid on 24.06.2015)
- [31] **Casti J.** Connectivity, complexity, and catastrophe in large-scale systems. New York University, International Institute for Applied Systems Analysis, JOHN WILEY & SONS Chichester – New York – Brisbane – Toronto, 1979. – 203 p.
- [32] **Gvozdev V.E., Guzairov M.B., Ilyasov B.G., Bezhaeva O.Ya.** Elementi sistemnoi injenerii: metodologicheskije osnovi razrabotki programmnykh sistem na osnove V-modeli zhiznennogo tsikla [Elements of system engineering: methodological basis of program system development based on V-model of lifecycle]. – M.: Mashinostroeniye, 2013. – 180 p. (In Russian).
- [33] **Vittikh V.A.** Situational management from the position of postneoclassic science / Ontology of Designing, № 2 (4), 2012. – pp.7-15. (In Russian).
- [34] **Sergeeva L.A.** Aktualnost sistemnogo podhoda v sovremennom informatsionnom obshchestve [Actuality of system approach in modern information society] // Filosofskie problemi informatsionnykh tehnologiy i kiberprostranstva, № 2, 2011 pp. 248-254 (In Russian).

Сведения об авторах



Гвоздев Владимир Ефимович, 1955 г. рождения. Окончил Уфимский авиационный институт в 1978 г., д.т.н. (2000), профессор. Заведующий кафедрой технической кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета. В списке научных трудов более 250 работ, в том числе монография и учебные пособия по проектированию и реализации программных продуктов и проектов. Проводит исследования в области открытых информационных систем, прикладной статистики, теории надёжности, контроля и управления состоянием окружающей среды, управления программными проектами, функциональной безопасности.

Gvozdev Vladimir Efimovich (b. 1955) graduated from the Ufa Aviation Institute in 1978, D. Sc. Eng. (2000), prof. He is Head of Technical Cybernetic Department at Ufa State Aviation

Technical University. He is co-author of more than 150 publications in the field of design and production of program products and projects, open information systems, applied statistic, theory of reliability, monitoring and management of environmental condition, function safety.



Блинова Дарья Викторовна, 1984 г. рождения. Окончила Уфимский государственный авиационный технический университет в 2006 г., к.т.н. (2009). Доцент кафедры технической кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета. Проводит исследования в области прикладной статистики, управления природно-техническими системами, функциональной безопасности, дефектологии компонентов аппаратно-программных комплексов.

Blinova Darya Viktorovna (b.1984) graduated from the Ufa State Aviation Technical University in 2006, PhD (2010). She is Assistant Professor at Ufa State Aviation Technical University (Department of Technical Cybernetic). She conducts research in the field of applied statistic, management of natural and technical systems, function safety, defectology of hardware-software complexes components.

ОПТИМИЗАЦИЯ ОБОБЩЕННЫХ МНОГОЦЕЛЕВЫХ СИСТЕМ

С.А. Пиявский

*Самарский государственный архитектурно-строительный университет, Самара, Россия
spiyav@mail.ru*

Аннотация

В статье расширяется ранее введенное автором понятие многоцелевой системы. Многоцелевая система рассматривалась как множество элементов, в совокупности реагирующих на множество внешних воздействий путем оптимального распределения этих воздействий между собой. При этом полагалось, что в многоцелевой системе критерий оптимальности скалярен, любой элемент системы может реагировать на любое отдельное внешнее воздействие, причем исключительно автономно, то есть не в кооперации с другими элементами системы. В статье рассматривается модель обобщенной многоцелевой системы, где эти ограничения снимаются. Предусматриваются ограниченная возможность реагирования элементов системы на внешние воздействия, возможность совместного реагирования ее элементов на отдельные внешние воздействия и многокритериальность оценки эффективности функционирования системы. Предложены точные алгоритмы оптимизации интегральных и гарантирующих систем, основанные на модели смешанного линейного программирования. Учитывая их высокую размерность, предлагаются точные и эвристические методы снижения размерности численно решаемых при этом оптимизационных задач. В терминах оптимизации обобщенных многоцелевых систем могут успешно решаться задачи проектирования технических объектов и систем технических объектов, стандартизации и унификации, размещения и обслуживания и др.

Ключевые слова: многоцелевая система, оптимизация, проектирование, принятие решений, многокритериальность, внешние факторы.

Введение

Понятие многоцелевой системы (МС) было введено в 70-х годах прошлого столетия при оптимизации параметров различных летательных аппаратов как обобщение так называемой «задачи об оптимальном покрытии» [1]. Характерной особенностью этого понятия является, наряду с рассмотрением множества допустимых решений (альтернатив), из которого предполагается выбрать оптимальное решение, ещё и так называемого «внешнего множества», которое отражает многообразие целей, критериев эффективности, условий функционирования, неопределённость исходных данных и прогнозных характеристик, органически присутствующее любой задаче проектирования. Так, проектирование самолета под так называемую «расчётную задачу», то есть под заданную дальность и величину целевой нагрузки либо объём пассажиропотока уже заранее обесценивает оптимальный характер решения, поскольку в реальности спроектированный самолет будет эксплуатироваться для различных целей: перевозить различные грузы на различные дальности в непредсказуемой на момент проектирования экономической среде. Отсюда следует, во-первых, необходимость ориентации искомого оптимального решения на весь диапазон внешних факторов, а во-вторых, возможно, многоэлементный характер этого решения, при котором отдельные его элементы «распределяют между собой» этот диапазон. Таким образом, под многоцелевой системой понималась система, которая состоит из одного или нескольких элементов множества допустимых решений, оптимально, в смысле некоторого скалярного критерия, реагирующих на совокупность внешних факторов (так называемое внешнее множество), распределяя его между собой.

Понятие МС получило ряд практических применений при исследовании сетей искусственных спутников Земли, универсальных космических аппаратов, структуры самолетного парка, типоразмерных параметрических рядов технических объектов и т.п., использовалось при разработке группы методов принятия многокритериальных решений ПРИНН [2-10]. В настоящей статье даётся его обобщение.

1 Математическая модель оптимальной простой многоцелевой системы

Сформулируем модель простой МС, для простоты считая множество допустимых решений и внешнее множество дискретными.

Обозначим через $X = \{x_i\}_{i=1,\dots,n}$ множество элементов, представляющих многообразие внешних факторов, через $Y = \{y_j\}_{j=1,\dots,m}$ - множество элементов, из которых конструируется искомое оптимальное решение, через $f(x, y)$, $x \in X$, $y \in Y$ - функцию, определяющую эффективность использования элемента решения $y \in Y$ при реализации внешних факторов $x \in X$. Будем называть X внешним множеством, Y - множеством элементов решений, $f(x, y)$ - локальными потерями. Будем полагать, что допустимым решением (многоэлементной стратегией¹) A является любое непустое подмножество множества элементов решений $A \subseteq Y$.

Пусть $\bar{f}(x) = \min_{y \in Y} f(x, y)$, $x \in X$ - оптимальное (минимальное) возможное значение локальных потерь в условиях реализации внешних факторов $x \in X$. Примем для определённости $f(x, y) > 0$, $x \in X$, $y \in Y$ и перейдём от функции локальных потерь к функции относительных потерь

$$(1) \quad \rho(x, y) = \frac{f(x, y) - \bar{f}(x)}{\bar{f}(x)}, \quad x \in X, y \in Y.$$

Она характеризует величину проигрыша из-за использования при внешних факторах $x \in X$ элемента решения $y \in Y$ вместо элемента решения, оптимального для данных внешних факторов.

Примем, что при фиксированной многоэлементной стратегии $A \in Y$ каждому элементу внешнего множества сопоставляется тот из элементов стратегии $A \in Y$, которому отвечает наименьшее по сравнению с остальными элементами стратегии значение относительного проигрыша. Его номер задаётся целочисленной так называемой распределяющей функцией $E(x)$. Тогда значение относительного проигрыша при реализации внешних факторов x может быть записано как $\rho(x, y_{E(x)})$, $x \in X$, $y_{E(x)} \in A$ или

$$\rho_{ij} \equiv \rho(x_i, y_j), \text{ где } x_i = x, j = E(x_i).$$

Эффективность $F(X, A, E(x))$ использования многоэлементной стратегии $A \in Y$ и распределяющей функции $E(x)$ для «обслуживания» всего внешнего множества X будем

¹ В процессе обсуждения статьи в редакции не по всем вопросам был достигнут консенсус с автором. В частности, насколько оправдано тождество между допустимым решением и многоэлементной стратегией. Ведь допустимое решение – это то, что возможно, а стратегия – то, к чему стремятся и что не всегда достижимо. Насколько оправдано использование самого понятия «многоцелевая» система, если фактически рассматривается неопределённость (многообразие) внешних условий, а не целей? А также к чему следует относить многообразие внешних факторов - к данности или к неуправляемому прогнозу? Редакция вновь обращается к нашим читателям и будущим авторам высказаться по затронутым вопросам. *Прим.ред.*

характеризовать максимальным (гарантирующим) или средним проигрышем на всей совокупности элементов множества X .

В первом случае будем говорить о гарантирующей многоцелевой системе (ГМС):

$$F = \max_{i=1, \dots, n} \rho(x_i, y_{E(x_i)}).$$

Во втором случае будем говорить об интегральной многоцелевой системе (ИМС):

$$F = \sum_{i=1}^n \rho(x_i, y_{E(x_i)}),$$

или, если известна функция «важности» различных элементов внешнего множества $n(x_i) \equiv n_i, i = 1, \dots, n$,

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n n(x_i) \rho(x_i, y_{E(x_i)})}{\sum_{i=1}^n n(x_i)}.$$

Оптимальной будем называть пару $(A, E(x))$, минимизирующую гарантирующий или средний проигрыш МС при заданном числе элементов стратегии p .

Представляется целесообразным расширение описанной модели в нескольких направлениях:

- 1) учёт областей достижимости – элементы решения могут использоваться не при всех внешних факторах (самолеты не могут летать на любые расстояния);
- 2) учёт возможности комплексного использования не одного, а нескольких вариантов решения при реагировании на конкретные внешние факторы (совместное использование нескольких типов транспортных средств при выполнении одной операции, например, добираться до пункта назначения вначале поездом, а потом автомобилем);
- 3) использование многокритериальной оценки эффективности решений, приводящее к векторной функции локальных потерь.

Построим математическую модель МС, учитывающую первые два направления.

2 Математическая модель оптимальной комплексируемой многоцелевой системы

Назовём возможной реакцией системы на внешний фактор x_i нуль-единичный m -мерный вектор $a_{ir} = \{a_{ir}^j\}$, номера единичных компонентов которого отвечают номерам элементов решения, задействованных в обслуживании этого внешнего фактора. Таким образом, в модели отражается возможность не автономного, а комплексного (несколькими элементами множества решений) реагирования на отдельную реализацию внешнего фактора. Это даёт основания назвать подобную МС комплексируемой (К_МС). Обозначим через R_i количество таких допустимых реакций. Тогда исходное описание оптимизируемой МС включает множество реализаций внешних факторов $X = \{x_{i=1, \dots, n}\}$, множество элементов решений $Y = \{y_{j=1, \dots, m}\}$, множество допустимых реакций на внешние факторы, характеризуемое векторами $a_{ir}^i, r^i = 1, \dots, R_i, i = 1, \dots, n$ и скалярную функцию локальных потерь $\varphi(x_i, Y, a_{ir}^i) > 0$, оценивающую эффективность реакции a_{ir}^i на реализацию внешних факторов x_i . Аналогично (1), перейдём от неё к функции относительных потерь, обозначая её далее тем же символом:

$$(2) \quad \rho(x_i, Y, a_{ir^i}) = \frac{\varphi(x_i, Y, a_{ir^i})}{\min_{\substack{q^i=1, \dots, R_i \\ i=1, \dots, n}} \varphi(x_i, Y, a_{iq^i})} - 1, \quad r^i = 1, \dots, R_i, \quad i = 1, \dots, n.$$

Обратим внимание, что, если в (1) нормирование производилось к минимальному значению локальных потерь при любых элементах решения, то в (2) участвуют минимальные значения локальных потерь при различных реакциях системы на отдельно взятую реализацию внешних факторов.

Таким образом, решение задачи оптимизации К_МС включает оптимальный набор элементов решений, задаваемый многоэлементной стратегией A , и оптимальную распределяющую функцию, характеризуемую включёнными в решение реакциями системы на внешние факторы.

Опишем произвольную стратегию A нуль-единичным вектором $u = \{u_j\}_{j=1, \dots, m}$, номера единичных компонентов которого отвечают номерам элементов решения, вошедших в эту стратегию.

Условие ограниченности числа элементов стратегии. Число элементов стратегии p полагаем заданным или ограниченным сверху:

$$\sum_{i=1}^m u_i = p \quad \text{или} \quad \sum_{i=1}^m u_i \leq p.$$

Условия допустимости реакций системы. Конкретная стратегия определяет набор реакций системы, которые являются допустимыми в её рамках: все элементы решений, входящие в реакцию системы, должны быть включены в стратегию A . Допустимость реакции (i, r^i) при конкретной стратегии будем характеризовать нуль-единичным признаком допустимости v_{ir^i} . Тогда указанное условие порождает следующие соотношения:

$$(3) \quad v_{ir^i} \leq \frac{\sum_{j=1}^m a_{ir^i}^j u_j}{\sum_{j=1}^m a_{ir^i}^j}, \quad r^i = 1, \dots, R_i, \quad i = 1, \dots, n.$$

Действительно, если какие-либо ненулевые компоненты вектора, определяющего реакцию, не входят в стратегию, числитель (3) будет меньше знаменателя, что повлечет нулевое значение булевого признака v_{ir^i} . В противном же случае признак v_{ir^i} может принимать как нулевое, так и единичное значения. Соотношение (3) удобнее рассматривать в эквивалентном виде

$$v_{ir^i} \sum_{j=1}^m a_{ir^i}^j - \sum_{j=1}^m a_{ir^i}^j u_j \leq 0, \quad r^i = 1, \dots, R_i, \quad i = 1, \dots, n.$$

Условия допустимости стратегий. При фиксированной стратегии для каждого варианта внешних факторов должна существовать хотя бы одна допустимая реакция системы:

$$\sum_{r^i=1}^{R_i} v_{ir^i} \geq 1, \quad i = 1, \dots, n.$$

Введём булевый признак z_{ir^i} , $i = 1, \dots, n$, отражающий включение реакции системы (i, r^i) в оптимальное решение. Тогда очевидны следующие соотношения.

Условия допустимости оптимальной реакции.

$$z_{ir^i} \leq v_{ir^i}, \quad r^i = 1, \dots, R_i, \quad i = 1, \dots, n.$$

Условия однозначности оптимального решения.

$$(4) \quad \sum_{r^i=1}^{R_i} z_{ir^i} = 1, \quad i = 1, \dots, n.$$

Обозначим через d_i относительные потери при оптимальной реакции МС на реализацию внешних факторов x_i , $i = 1, \dots, n$. С учётом (4)

$$d_i = \sum_{r^i=1}^{R_i} \rho(x_i, Y, a_{ir^i}) z_{ir^i}, \quad i = 1, \dots, n.$$

Критерий оптимальности при оптимизации комплекслируемой ГМС (К_ГМС) примет вид

$$(5) \quad F = d_{gar} - \min$$

при условиях

$$d_i \leq d_{gar}, \quad i = 1, \dots, n,$$

а при оптимизации комплекслируемой интегральной МС (К_ИМС)

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n n(x_i) d_i}{\sum_{i=1}^n n(x_i)} \rightarrow \min.$$

Предложенная математическая модель принадлежит к классу задач смешанного линейного программирования. Управлениями в ней являются переменные v_{ir^i} , u_j , z_{ir^i} , d_i , d_{gar} . Их общее количество не более $2 \sum_{i=1}^n R_i + n + m + 1$, из них не более $n + 1$ вещественных, остальные булевы, а количество ограничений типа равенств и неравенств не более $2 \sum_{i=1}^n R_i + 4n + 1$. Для решения такого рода задач существуют достаточно эффективные стандартные программы для ЭВМ.

3 Математическая модель многокритериальной комплекслируемой многоцелевой системы

Перейдем к рассмотрению МС, в которых функция локальных потерь $\varphi_i(x_i, Y, a_{ir^i})$, оценивающая эффективность реакции a_{ir^i} системы на реализацию внешних факторов x_i является не скалярной, а векторной:

$$\bar{\varphi}_i(x_i, Y, a_{ir^i}) = \{\varphi_i^q(x_i, Y, a_{ir^i})\}_{q=1, \dots, Q_i}.$$

Казалось бы, лишний индекс в символе функции $\bar{\varphi}_i$ призван подчеркнуть, что для различных элементов внешнего множества локальные потери могут измеряться различными критериями, число которых также может быть различно.

Как известно, переход от скалярного критерия к векторному порождает проблему неоднозначности при сравнении различных вариантов решения. В строгом смысле, само понятие оптимальности заменяется при этом более слабым понятием эффективности по Парето и, как правило, ряд вариантов решения оказываются несравнимыми по эффективности. Причина состоит в том, что непонятно, как соразмерить между собой значения различных критериев, если сами критерии по сути своей различны (например,

уровень комфорта пассажиров и взлетный вес самолета) и/или имеют различную строго неформализуемую важность, определяемую просто терминами «обычный», «важный», «более важный» (например, «увеличение комфорта пассажиров важнее, чем уменьшение взлетного веса самолета»).

В предлагаемой модели многокритериальной комплекслируемой МС (МК_МС) первая проблема решается переходом от исходных локальных потерь $\varphi_i^q(x_i, Y, a_{ir^i})$, $q = 1, \dots, Q_i$ к соответствующим относительным потерям $\rho_i^q(Y, a_{ir^i})$ $r^i = 1, \dots, R_i$, $q = 1, \dots, Q_i$, $i = 1, \dots, n$ аналогично (2)

$$\rho_i^q(Y, a_{ir^i}) = \frac{\varphi_i^q(Y, a_{ir^i})}{\min_{\substack{q^i=1, \dots, R_i \\ i=1, \dots, n}} \varphi_i^q(Y, a_{iq^i})} - 1, \quad r^i = 1, \dots, R_i, \quad q = 1, \dots, Q_i, \quad i = 1, \dots, n.$$

Эти потери имеют одинаковую шкалу (отвлечённые числа), что даёт возможность их сопоставления. Если нет оснований разделять критерии φ_i^q по относительной важности, то естественно принять для гарантирующей МК_МС скалярные относительные потери

$$\varphi_i(Y, a_{ir^i}) = \max_{q=1, \dots, Q_i} \varphi_i^q(Y, a_{ir^i}), \quad i = 1, \dots, n,$$

а для интегральной МК_МС -

$$\varphi_i(Y, a_{ir^i}) = \frac{1}{Q_i} \sum_{q=1}^{Q_i} \varphi_i^q(Y, a_{ir^i}), \quad i = 1, \dots, n,$$

и далее решать задачу оптимизации для исходной МК_МС как для К_МС со скалярным вектором относительных потерь.

Если есть основания учитывать различную важность критериев φ_i^q , $q = 1, \dots, Q_i$, следует использовать один из многочисленных существующих методов их «скаляризации» (см. например, [11]). Наиболее предпочтительным, по нашему мнению, являются методы ПРИНН [7, 10] и «шансов» [12, 13], поскольку они ориентированы на минимальное использование субъективной информации как по числу базовых постулатов, так и по объёму дополнительной информации от лица, принимающего решение, и хорошо алгоритмически проработаны.

Оба метода позволяют лицу, принимающему решение, просто отнести различные критерии к нескольким группам важности. Они учитывают математическим путём всё многообразие «разумных» способов свёртывания значений частных критериев в скалярное значение комплексного критерия. Метод ПРИНН для этого заменяет бесконечное множество «разумных способов» оптимальной ε -сетью «типовых способов учёта неопределённости (в данном случае многокритериальности)» (ТСУН). Затем осуществляется итеративная процедура «согласования» оценок, полученных с помощью различных ТСУН, аналогичная процедуре ДЕЛФИ. Согласованные с заданной точностью значения оценок и являются значениями комплексного критерия. Приближённое значение этого критерия f может быть получено по формуле:

$$f = \frac{\sum_{s=1}^S 3^{k_s-1} f_s}{\sum_{s=1}^S 3^{k_s-1}}.$$

Здесь S - количество частных критериев, f_s , $s = 1, \dots, S$ - их значения, $k_s = 1, 2, \dots$, - номера групп важности, к которым отнесены частные критерии. Например, если одни критерии

полагаются «обычной важности», другие – «более важными», а третьи – «самыми существенными», то для каждого критерия, входящего в первую группу $k_s = 1$, во вторую группу – $k_s = 2$, в третью группу – $k_s = 3$. Это значение следует принять в качестве скалярных локальных потерь.

Метод «шансов» даже отказывается от использования хотя и оптимального, но сравнительно небольшого набора типовых способов учёта неопределённости, и взамен методом Монте-Карло зондирует всё множество способов учёта неопределённости практически бесконечным числом испытаний, рассчитывая при каждом из них комплексную оценку эффективности каждого из сравниваемых вариантов решений. В результате рассчитывается жёсткий и мягкий рейтинг каждого варианта решения. Жёсткий рейтинг решения есть доля способов учёта неопределённости, при которых это решение является наилучшим по сравнению с остальными (в случае, если при каком-то способе учёта неопределённости лучшими оказываются несколько (например, p_-) решений, в жёстком рейтинге каждого из них в сумме в числителе добавляется не 1, а $\frac{1}{p_-}$). Мягкий рейтинг

решения отражает среднюю по совокупности испытаний сравнительную эффективность этого решения по сравнению с решениями, оказавшимися наилучшими в соответствующих испытаниях. При использовании метода «шансов» в гарантирующих МК_МС в качестве скалярных локальных потерь естественно принимать жесткий рейтинг, а в интегральных МК_МС – мягкий.

Используя методы ПРИНН и «шансов», надо иметь в виду, что в них результирующая эффективность рассчитывается по шкале от нуля до единицы или 100-балльной шкале, причём единице или 100 баллам соответствует наилучший результат, поэтому, говоря о потерях, нужно вычитать результат, полученный этими методами, соответственно из единицы или 100 баллов.

Таким образом, задача многокритериальной оптимизации МС решается в два этапа. На первом этапе в рамках каждого элемента внешнего множества осуществляется переход от векторной оценки различных вариантов реакции системы на этот элемент к скалярным относительным потерям. Заметим, что если элементу внешнего множества отвечает единственная реакция системы, то этот элемент, как и варианты решения, порождающие эту реакцию, могут быть исключены из дальнейшей оптимизации, поскольку уже изначально должны войти в искомое оптимальное решение задачи. На втором этапе решается получившаяся задача оптимизации скалярной К_МС, как это описано в предыдущем разделе.

4 Уменьшение размерности решаемых оптимизационных задач

Размерность задач оптимизации К_МС может быть очень большой. Если в реакции на каждый вариант внешних факторов может использоваться каждый элемент множества решений Y , то есть $R_i = m, i = 1, \dots, n$, то, как указывалось выше, число оптимизируемых переменных составит $2nm + n + m + 1$, а число ограничений – $2mn + 4n + 1$. Если допустимыми будут хотя бы парные реакции на внешние факторы всех элементов управления, то число переменных и ограничений будет около $2nm^2$. В этом случае, если множества X и Y содержат хотя бы по сто элементов, задача оптимизации будет включать около двух миллионов оптимизируемых переменных и ограничений. Поэтому желательно предложить пути уменьшения размерности решаемых задач.

Для гарантирующей К_МС предлагается следующий экономный алгоритм.

Вначале определим для каждого элемента внешнего множества элементы множества решений, входящие в состав его реакции, имеющей нулевой относительный проигрыш (напомним, что в задачу оптимизации входят лишь элементы внешнего множества, на которые система отвечает не менее чем двумя возможными реакциями). Совокупность таких элементов определит многоэлементное решение «идеальной» гарантирующей К_МС, обозначим число элементов в нем через p_{\max} . Такому решению отвечают нулевые относительные потери. При меньшем количестве элементов решения относительные потери будут возрастать (точнее, не убывать).

Обратим задачу оптимизации: вместо поиска оптимального по критерию (5) решения, содержащего заданное количество p элементов, будем искать минимальную по количеству входящих в неё элементов стратегию, при которой критерий (5) принимает значение, не большее некоторого заданного значения d .

Назовём реакцию системы односвязной, если она определяется единственным элементом решения, и многосвязной – если несколькими. Рассмотрим вначале К_МС, в которой в числе реакций системы на каждый вариант внешних факторов присутствует не более одной многосвязной реакции. Назовем такие К_МС *слабосвязными*.

Пусть рассматриваемая К_МС – слабосвязная. Зададимся некоторым числом d как значением критерия оптимальности, под которое ищется стратегия, включающая минимально возможное число элементов множества решений. Сохраним в рассмотрении лишь реакции, для которых

$$\rho(x_i, Y, a_{ir^i}) \leq d, r^i = 1, \dots, R_i, i = 1, \dots, n.$$

Если при этом для какого-либо варианта внешних факторов оказались отброшены все реакции, это означает, что гарантирующая К_МС со столь низким значением критерия (5) не существует и следует задаться более высоким значением d . Варианты внешних факторов, для которых сохранилась лишь одна реакция, можно исключить из дальнейшего рассмотрения вместе с элементами решения, входящими в эту реакцию, так как они уже обязаны быть включены в искомую оптимальную стратегию. Оставшаяся в рассмотрении К_МС также будет слабосвязной.

Для того чтобы реакция любой МС на конкретный элемент внешнего множества могла быть реализована оптимальным решением, необходимо и достаточно, чтобы в него были включены все элементы решения, определяющие эту реакцию. Соответственно необходимое и достаточное условие реализуемости отдельной реакции r_i для любой, не только слабосвязной, К_МС можно записать в виде

$$(6) \quad \frac{1}{\sum_{q=1}^m a_{ir^i}^q} \sum_{j=1}^m a_{ir^i}^j u_j \geq 1.$$

Для того чтобы система «отреагировала» на элемент внешнего множества x_i , необходимо и достаточно выполнения хотя бы одного из R_i условий (6). Но для слабосвязной К_МС все их можно заменить единственным условием

$$\sum_{r_i=1}^{R_i} \left(\frac{1}{\sum_{q=1}^m a_{ir^i}^q} \sum_{j=1}^m a_{ir^i}^j u_j \right) \geq 1.$$

Преобразуем левую часть этого соотношения:

$$\sum_{r_i=1}^{R_i} \left(\frac{1}{\sum_{q=1}^m a_{ir^i}^q} \sum_{j=1}^m a_{ir^i}^j u_j \right) = \sum_{r_i=1}^{R_i} \sum_{j=1}^m \frac{a_{ir^i}^j u_j}{\sum_{q=1}^m a_{ir^i}^q} = \sum_{j=1}^m \sum_{r_i=1}^{R_i} \frac{a_{ir^i}^j u_j}{\sum_{q=1}^m a_{ir^i}^q} = \sum_{j=1}^m \left(\sum_{r_i=1}^{R_i} \frac{a_{ir^i}^j}{\sum_{q=1}^m a_{ir^i}^q} \right) u_j.$$

Окончательно получим

$$(7) \quad \sum_{j=1}^m \left(\sum_{r_i=1}^{R_i} \frac{a_{ir^i}^j}{\sum_{q=1}^m a_{ir^i}^q} \right) u_j \geq 1.$$

Ясно, что если хотя бы одно из условий (6) выполнено, то выполнение (6) очевидно даже не для слабосвязных К_МС. А вот выполнение хотя бы одного из условий (6) при выполнении условия (7) справедливо лишь для слабосвязных К_МС. Действительно, в (7) выражение, стоящее в круглых скобках для односвязных реакций, может быть равно либо нулю, либо единице; для многосвязной же реакции оно может быть и ненулевым, но меньшим единицы, если в оптимальное решение входят лишь некоторые элементы решения, определяющие эту реакцию. Поскольку К_МС слабосвязна, из выполнения (7) следует, что как минимум одна из круглых скобок равна единице, тогда как в случае не слабосвязной К_МС выполнение (7) могло бы быть достигнуто за счёт суммирования нескольких не равных единице круглых скобок, отвечающих многосвязным реакциям.

Замена условий (6) на (7) позволяет существенно снизить размерность решаемой оптимизационной задачи. Проводя аналогию с оценкой, приведённой в начале раздела 4, если в реакции на каждый вариант внешних факторов может использоваться каждый элемент множества решений Y , то для слабосвязной К_МС с учётом (7) число оптимизируемых переменных составит $3n + m + 1$, а число ограничений - $7n + 1$. В этом случае, если множества X и Y содержат по сто элементов, задача оптимизации будет включать около тысячи оптимизируемых переменных и ограничений.

Любую К_МС можно редуцировать до слабосвязной, введя дополнительные фиктивные элементы в множество решений, чтобы преобразовать «лишние» многосвязные реакции в односвязные. Например, если многосвязная реакция порождается тремя элементами решения y_1, y_2, y_3 , её можно сделать односвязной, порождаемой фиктивным элементом решения z . При этом в систему соотношений потребуется включить дополнительное соотношение

$$3z = y_1 + y_2 + y_3.$$

Итак, сформулируем задачу оптимизации слабосвязной К_ГМС с реакциями, которым отвечают относительные потери по сравнению с оптимальным реагированием на каждую отдельную реализацию внешних факторов, не превышающие заданного значения d .

Задача 1. Задано d . Требуется найти стратегию, включающую минимальное количество элементов множества решений Y и обеспечивающую реакции системы на любые внешние факторы из внешнего множества X .

Оптимизационная модель решения задачи 1.

Для r^i : $\rho(x_i, Y, r^i) \leq d, i = 1, \dots, n$

$$(8) \quad \sum_{j=1}^m u_j \rightarrow \min$$

$$\sum_{j=1}^m \left(\sum_{r^i=1}^{R_i} \frac{a_{ir^i}^j}{\sum_{q=1}^m a_{ir^i}^q} \right) u_j \geq 1, i = 1, \dots, n.$$

$$u_j \in \{0,1\}, j = 1, \dots, m.$$

Это задача булева линейного программирования с m переменными и n ограничениями типа неравенств, которая легко решается существующими стандартными программами для ЭВМ.

Решив задачу 1 для $d_{\max} = \max_{\substack{r_i=1, \dots, R_i \\ i=1, \dots, n}} \rho(x_i, Y, a_{ir_i})$, можно найти минимальное количество элементов решений p_{\min} , при котором К_МС обеспечивает реагирование на весь диапазон внешних факторов, представленный внешним множеством X . После этого рядом последовательных решений задачи 1 для различных значений параметра d в пределах от 0 до d_{\max} можно получить зависимость минимально необходимого количества элементов стратегии от параметра d (рисунок 1). Эта же зависимость (показана на рисунке 1 звёздочками) определяет оптимальные К_ГМС, которые при заданном числе элементов обеспечивают реагирование на любые реализации внешних факторов с минимальными гарантированными потерями.

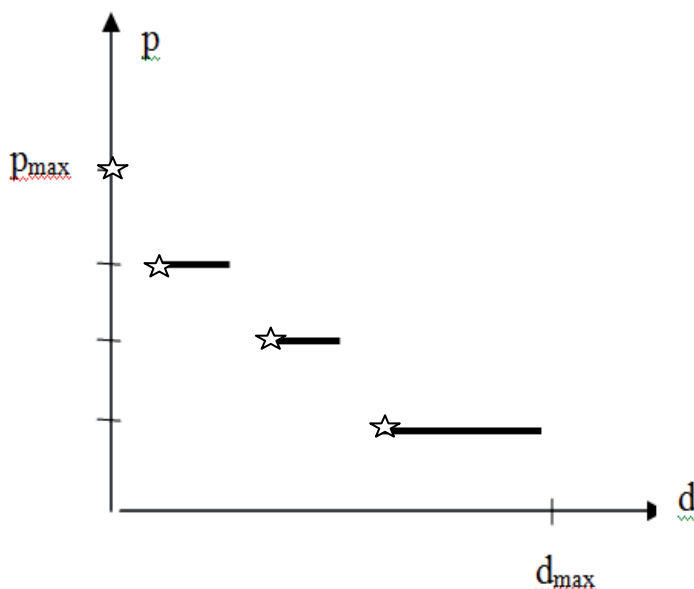


Рисунок 1 – Зависимость числа элементов оптимальной К_ГМС от гарантированных потерь по сравнению с оптимальным реагированием на каждую отдельную реализацию внешних факторов

В отличие от К_ГМС для интегральных К_МС не удаётся предложить алгоритм получения точного решения, который оперировал бы задачами оптимизации существенно меньшей размерности, чем модель, представленная в разделе 2.

С целью уменьшения вычислительной сложности решения задачи оптимизации, для К_ИМС можно предложить лишь следующий алгоритм улучшения. Он позволяет, отталкиваясь от некоторой опорной многоэлементной стратегии $A \subset Y$, улучшить её и/или проверить её относительную оптимальность. Рекомендуем в качестве опорной принимать стратегию, оптимизирующую соответствующую гарантирующую К_МС.

Пусть $y_j \in A \subset Y$ - какой-либо элемент решения, входящий в стратегию A . Вычислим его потенциал исключения F_{-j} как суммарное увеличение значения критерия оптимальности ИМС при переходе к стратегии $A \setminus y_j$. Затем для каждого варианта решения y_k , не входящего в A , рассчитаем его потенциал включения F_{+jk} как уменьшение возросшего значения критерия оптимальности ИМС благодаря включению в стратегию A взамен исключённого элемента y_j элемента y_k . Отметим, что расчёт потенциалов включения и исключения не требует полного расчёта критерия оптимальности ИМС – достаточно внести изменения относительно лишь тех элементов внешнего множества, в которых деактивируются и активируются соответствующие элементам y_j, y_k реакции. Если оказывается, что

$$(9) \quad F_{-j} < F_{+jk},$$

то переходим от стратегии A к более эффективной стратегии $A \setminus y_j \cup y_k$ и повторяем процесс. Если же при переборе всех элементов множества $Y \setminus A$ не нашлось элемента, для которого выполняется (9), делаем вывод, что стратегия A обеспечивает относительный оптимум в задаче оптимизации ИМС.

Пример. Рассмотрим МС, внешнее множество которой включает 10 независимых внешних факторов, а множество стратегий – 5 элементов. Структура реакций системы на различные внешние факторы представлена в таблице 1. Среди реакций имеются многосвязные (они выделены); таким образом, МС является комплексной (К_МС). Каждому внешнему фактору отвечает не более одной многосвязной реакции, следовательно, К_МС слабосвязная.

Внешние факторы разнокачественны, поэтому эффективность реагирования системы на каждый из них описывается своей системой критериев. Их количество для различных внешних факторов изменяется от 2 до 6. Значения критериев для каждой реакции приведены в таблице 2. Для определённости полагается, что желательным является минимизация каждого критерия.

Перейдём от исходных значений критериев эффективности реакций к оценке относительных потерь в эффективности по каждому критерию, связанных с тем, что соответствующая реакция реализуется системой взамен наиболее эффективной по данному критерию из-за того, что оптимальное решение не содержит всех элементов решения, необходимых для реализации наиболее эффективной реакции. Результаты показаны в таблице 3.

Предположим, что для каждого внешнего фактора различные критерии могут иметь различную значимость. В таблице 4 показана группа значимости каждого критерия. Напомним, что номер группы значимости не означает числовой величины, а указывает лишь, что, в рамках данного внешнего фактора, критерий с большим номером «важнее» критерия с меньшим номером.

Перейдём от векторной оценки относительных потерь по частным критериям, представленным в таблицах 3 и 4, к комплексной оценке. Для этого используем общедоступный метод ПРИНН. В таблице 5 приведены результаты расчётов.

Результаты, приведённые в таблице 5, являются исходными данными для оптимизации рассматриваемой МС.

Исследуем оптимальную гарантирующую МС, используя математическую модель (9). Из таблицы 5 видно, что минимальное значение комплексных относительных потерь равно 0,23. Лимитирующим при этом является внешний фактор 9.

При $d = 0,23$ матрица коэффициентов модели (9) имеет вид, показанный в таблице 6, а оптимальное решение таково: $u_1 = 1, u_2 = 1, u_3 = 1, u_4 = 1, u_5 = 1$, то есть включает все элементы множества элементов решений.

Максимальное значение комплексных относительных потерь по всем реакциям системы, как следует из таблицы 5, равно 0,95. Соответствующая матрица коэффициентов модели приведена в таблице 7, ей соответствует оптимальное решение $u_1 = 1, u_2 = 0, u_3 = 1, u_4 = 1, u_5 = 1$. Таким образом, установлено, что для того, чтобы с некоторыми гарантированными потерями реагировать на все внешние факторы, МС должна содержать не менее четырёх из пяти возможных элементов решения.

Но при четырёх элементах решения гарантированные потери могут быть уменьшены. Направленным перебором d (методом дихотомии) можно установить, что минимальные

гарантированные потери при четырёх элементах оптимальной гарантирующей стратегии составляют величину 0,41.

Таблица 1 - Структура реакций МС на внешние факторы

Номер внешнего фактора i	Номер реакции r_i	Номера элементов решения j				
		1	2	3	4	5
1	1	0	0	1	1	1
	2	0	1	0	0	1
	3	1	0	0	0	0
2	1	0	0	0	1	0
	2	1	0	1	1	1
3	1	0	1	0	0	0
	2	0	0	1	1	1
	3	1	0	0	0	0
	4	0	0	0	1	0
4	1	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	1
	3	1	1	1	0	0
5	1	0	0	1	0	0
	2	0	1	0	0	0
6	1	1	0	1	0	1
	2	0	1	0	0	0
7	1	0	0	0	1	0
	2	1	0	0	1	1
	3	0	0	1	0	0
8	1	1	0	1	1	1
	2	0	0	0	1	0
9	1	0	0	1	0	0
	2	1	0	1	0	0
	3	0	1	1	1	1
10	1	1	0	0	0	0
	2	1	1	1	1	1

Таблица 2 – Значения критериев эффективности реакций на внешние факторы

Номер внешнего фактора i	Номер реакции r_i	Номера критериев эффективности реакции МС на внешний фактор					
		1	2	3	4	5	6
1	1	82	37	20			
	2	32	20	55			
	3	59	19	6			
2	1	60	19	55	33		
	2	94	65	40	54		
3	1	80	67	5			
	2	13	86	89			
	3	40	9	91			
	4	24	45	25			
4	1	43	45	71			
	2	55	96	73			
	3	44	79	59			
5	1	56	59	62	40	16	
	2	58	25	38	98	91	
6	1	11	7				
	2	44	56				
7	1	54	6	16	66	64	2
	2	9	23	76	26	47	80
	3	84	19	19	42	79	1
8	1	15	52				
	2	28	43				
9	1	34	29	28			
	2	41	59	64			
	3	19	1	24			
10	1	31	21				
	2	17	65				

Таблица 3 – Относительные потери в эффективности частных критериев реакций на внешние факторы

Номер внешнего фактора i	Номер реакции r_i	Номера критериев эффективности реакции МС на внешний фактор					
		1	2	3	4	5	6
1	1	1,56	0,95	2,33			
	2	0,00	0,05	8,17			
	3	0,84	0,00	0,00			
2	1	0,00	0,00	0,38	0,00		
	2	0,57	2,42	0,00	0,64		
3	1	5,15	6,44	0,00			
	2	0,00	8,56	16,80			
	3	2,08	0,00	17,20			
	4	0,85	4,00	4,00			
4	1	0,00	0,00	0,20			
	2	0,28	1,13	0,24			
	3	0,02	0,76	0,00			
5	1	0,00	1,36	0,63	0,00	0,00	
	2	0,04	0,00	0,00	1,45	4,69	
6	1	0,00	0,00				
	2	3,00	7,00				
7	1	5,00	0,00	0,00	1,54	0,36	1,00
	2	0,00	2,83	3,75	0,00	0,00	79,00
	3	8,33	2,17	0,19	0,62	0,68	0,00
8	1	0,00	0,21				
	2	0,87	0,00				
9	1	0,79	28,00	0,17			
	2	1,16	58,00	1,67			
	3	0,00	0,00	0,00			
10	1	0,82	0,00				
	2	0,00	2,10				

Таблица 4 – Группы значимости критериев эффективности реакций на внешние факторы

Номер внешнего фактора i	Номера критериев эффективности реакций МС на внешний фактор					
	1	2	3	4	5	6
1	3	1	2			
2	3	1	2	2		
3	1	1	2			
4	1	2	2			
5	1	2	3	1	2	
6	2	1				
7	3	2	1	2	2	3
8	1	1				
9	3	1	2			
10	1	2				

Таблица 5 – Комплексные относительные потери в эффективности реакций на внешние факторы

Номер внешнего фактора i	Номер реакции r_i	Комплексные относительные потери $\rho(x_i, Y, a_{ir_i})$
1	1	0,87
	2	0
	3	0,23
2	1	0
	2	0,06
3	1	0,95
	2	0,24
	3	0,08
	4	0,56
4	1	0
	2	0,43
	3	0
5	1	0,41
	2	0
6	1	0
	2	1
7	1	0,55
	2	0,21
	3	0,89
8	1	0
	2	0
9	1	0,27
	2	0,77
	3	0,23
10	1	0
	2	0,75

Таблица 6 – Коэффициенты оптимизационной модели при $d = 0,23$

Номер внешнего фактора i	Номера элементов решения				
	1	2	3	4	5
1	1,00	0,50	0,00	0,00	0,50
2	0,25	0,00	0,25	1,25	0,25
3	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	1,33	0,33	0,33	0,00	0,00
5	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
6	0,33	0,00	0,33	0,00	0,33
7	0,33	0,00	0,00	0,33	0,33
8	0,25	0,00	0,25	1,25	0,25
9	0,00	0,25	0,25	0,25	0,25
10	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Таблица 7 – Коэффициенты оптимизационной модели при $d = 0,95$

Номер внешнего фактора i	Номера элементов решения				
	1	2	3	4	5
1	1,00	0,50	0,33	0,33	0,83
2	0,25	0,00	0,25	1,25	0,25
3	1,00	1,00	0,33	1,33	0,33
4	1,33	0,33	0,33	0,00	1,00
5	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00
6	0,33	0,00	0,33	0,00	0,33
7	0,33	0,00	1,00	1,33	0,33
8	0,25	0,00	0,25	1,25	0,25
9	0,50	0,25	1,75	0,25	0,25
10	1,20	0,20	0,20	0,20	0,20

Окончательные результаты оптимизации исходной гарантирующей МС приведены в таблице 8, в которой выделены оптимальные реакции МС и показаны их относительные потери.

Таблица 8 – Результаты оптимизации гарантирующей МС

Номер внешнего фактора i	Номер реакции r_i	Оптимальные реакции при оптимальной 4-элементной стратегии $u_1 = 1, u_2 = 0, u_3 = 1, u_4 = 1, u_{15} = 1$ проигрыш не более 0,41		Оптимальные реакции при оптимальной 5-элементной стратегии $u_1 = 1, u_2 = 1, u_3 = 1, u_4 = 1, u_{15} = 1$ проигрыш не более 0,23	
1	2				0
	3		0,23		
2	1		0		0
3	3		0,08		0,08
4	1		0		0
	3		0		0
5	1		0,41		
	2				0
6	1		0		0
7	2		0,21		0,21
8	1		0		0
	2		0		0
9	1		0,27		
	3				0,23
10	1		0		0

Заключение

В статье существенно расширена модель простой МС. Появилась возможность учитывать взаимодействие нескольких элементов многоэлементной стратегии МС при реагировании на разнообразные внешние факторы. Это привело к понятиям односвязной и многосвязной реакции и соответственно к рассмотрению своеобразных классов МС – слабосвязных и многосвязных. Указан метод преобразования многосвязной МС в слабосвязную. Предложены методы учёта многокритериальности в оценке эффективности реагирования МС на различные внешние факторы с помощью методов ПРИНН и «шансов». В результате рассматривается общая задача оптимизации многокритериальной многосвязной комплекслируемой МС. Для краткости считаем целесообразным называть такую систему обобщенной многоцелевой системой (ОМС). Для ОМС в статье разработаны методы её оптимизации, основанные на аппарате смешанного линейного программирования. Это позволяет при решении конкретных прикладных задач существенно пополнять модель, вводя структурные связи между элементами стратегий и различными внешними факторами.

Список источников

- [1] *Пиявский, С.А.* Об оптимизации сетей / С.А. Пиявский // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. - 1968. - №1. - С. 68-80.
- [2] *Пиявский, С.А.* Оптимизация параметров многоцелевых летательных аппаратов / С.А. Пиявский, В.С. Брусов, Е.А. Хвилон. - М.: Машиностроение, 1974. - 106 с.
- [3] *Брусов, В.С.* Комбинированная двигательная система, универсальная для диапазона маневров // В.С. Брусов, В.В. Салмин // Космические исследования. - 1974. - Т. 12, № 3. - С. 368.
- [4] *Смирнов, О.Л.* САПР: формирование и функционирование проектных модулей. / О.Л. Смирнов, С.А. Падалко, С.А. Пиявский - М.: Машиностроение, 1987. - 272 с.
- [5] *Галиев, Ш.И.* Некоторые экстремальные многократные покрытия квадрата кругами / Ш.И. Галиев, А.В. Хорьков // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. - 2014. - №2. - С. 154-159.
- [6] *Galiev, S.I.* Optimization of multiple covering of a bounded set with circles / S.I. Galiev, M.A. Karpova // Computational Mathematics and Mathematical Physics. - 2010. - Vol. 50., No. 4. – P. 721-732.
- [7] *Брусов, В.С.* Синтез оптимального ансамбля нейроконтроллеров для многорежимного летательного аппарата / В.С. Брусов, Ю.В. Тюменцев // Вестник Московского авиационного института. - 2006. - Т. 13, №2. - С. 67-78.
- [8] *Брусов, В.С.* Применение теоретико-множественного подхода к учету неопределенностей при решении задач векторной оптимизации / В.С. Брусов, А.Л. Суздальцев // Автоматика и телемеханика. - 2008. - №4. - С. 94-100.
- [9] *Брусов, В.С.* Пример оценки решений в условиях нескольких критериев эффективности / В.С. Брусов, Ю.В. Одноволик // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. - 2013. - №188. - С. 15-18.
- [10] *Брусов, В.С.* Метод оценки решений при эксплуатации технических систем в условиях неоднозначности оценки эффективности / В.С. Брусов, Ю.В. Одноволик // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. - 2012. - №175. - С. 78-83.
- [11] *Мальшев, В.В.* Метод принятия решений в условиях многообразия способов учёта неопределённости / В.В. Мальшев, Б.С. Пиявский, С.А. Пиявский // Известия РАН. Теория и системы управления. - 2010. - №1. - С. 46–61.
- [12] *Ларичев, О.И.* Теория и методы принятия решения, а также Хроника событий в Волшебных странах / О.И. Ларичев. - М.: Логос, 2002 – 392 с.
- [13] *Пиявский, С.А.* Два новых понятия верхнего уровня в онтологии многокритериальной оптимизации / С.А. Пиявский // Онтология проектирования. - 2013. - №1(7). – С. 65-85.
- [14] *Пиявский, С.А.* Прогрессивность многокритериальных альтернатив / С.А. Пиявский // Онтология проектирования. - 2013. - №4(10). – С. 60-71.

OPTIMIZATION OF GENERALIZED MULTI-PURPOSE SYSTEMS

S. A. Piyavsky

Samara State University of Architecture and Civil Building, Samara, Russia
spiyav@mail.ru

Abstract

The article expands the definition of multi-purpose system that was previously implemented by the author. Multi-purpose system is defined as a collection of elements that react to external impacts by reassigning parts of the impact between the members of the collection in an optimal way. It is assumed that the vector of the impact is always scalar, every element of the system is able to react to any kind of separate impact autonomously, without any interaction with other elements of the system. The article considers the model of the generalized multi-purpose system, where these restrictions are removed. The model described in the article allows for limited impact reaction of the system's elements. The possibility of joint response for impact for the elements of the system is considered. A multi-criteria methods of evaluation the system's performance is proposed. Accurate algorithms of optimization of integrated and guaranteeing systems based on the model of a mixed linear programming are proposed. Given the high dimensionality of the numerically solved tasks for the optimization problems, precise and heuristic methods for the dimensionality reduction are proposed. A variety of tasks, such as designing of objects and systems of objects, standardization and unification, arrangement of items, services and others can be solved by means of optimization of the generalized multi-purpose systems.

Keywords: *multi-purpose systems, optimization, planning, decision making, multicriteriaity, external factors.*

Referents

- [1] **Piyavsky, S.A.** Ob optimizatsii setej [About the networks optimization] / S.A. Piyavsky // *Izvestiya RAS USSR. Tekhnicheskaya kibernetika*. - 1968. - No.1. - P. 68-80. (In Russian).
- [2] **Piyavsky, S.A.** Optimizatsiya parametrov mnogotselevykh letatel'nykh apparatov [Parameter optimization of multi-purpose aircrafts] / S.A. Piyavsky, V.S. Brusov, E.A. Hvilon. - Moscow: Mashinostroenie, 1974. - 106 p. (In Russian).
- [3] **Brusov, V.A.** Kombinirovannaya dvigatel'naya sistema, universal'naya dlya diapazona manevrov [Combined propulsion system, universal for a range of maneuvers], V.S. Brusov, V.V. Salmin // *Kosmicheskie issledovaniya*. - 1974. - Vol. 12, No. 3. - P. 368. (In Russian).
- [4] **Smirnov, O.L.** SAPR: formirovanie i funktsionirovanie proektnykh modulej [CAD: the formation and operation of the project modules.]. / O.L. Smirnov, S.A. Padalko, S.A. Piyavskij - Moscow: Mashinostroenie, 1987. - 272 p. (In Russian).
- [5] **Galiev, S.I.** Nekotorye ehkstremaal'nye mnogokratnye pokrytiya kvadrata krugami [Some extreme multiple coverings of a square with circles] / S.I. Galiev, A.V. Khor'kov // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. A.N. Tupoleva*. - 2014. - No.2. - P. 154-159. (In Russian).
- [6] **Galiev, S.I.** Optimization of multiple covering of a bounded set with circles / S.I. Galiev, M.A. Karpova // *Computational Mathematics and Mathematical Physics*. - 2010. - Vol. 50, No. 4. - P. 721-732.
- [7] **Brusov, V.S.** Sintez optimal'nogo ansamblya nejrokontrollerov dlya mnogorezhimnogo letatel'nogo apparata [Synthesis of optimal ensemble neyrokontrollerov for multi-mode aircraft] / V.S. Brusov, Y.V. Tyumentsev // *Vestnik Moskovskogo aviatsionnogo instituta*. - 2006. - Vol. 13, No. 2. - P. 67-78. (In Russian).
- [8] **Brusov, V.S.** Primenenie teoretiko-mnozhestvennogo podkhoda k uchetu neopredelennostej pri reshenii zadach vektornoj optimizatsii [Use of set theory approach to accounting for uncertainty in solving problems of vector optimization] / V.S. Brusov, A.L. Suzdal'tsev // *Avtomatika i telemekhanika*. - 2008. - No. 4. - P. 94-100. (In Russian).
- [9] **Brusov, V.S.** Primer otsenki reshenij v usloviyakh neskol'kikh kriteriev ehffektivnosti [An example of assessment decisions under a number of performance criteria] / V.S. Brusov, Y.V. Odnovolik // *Nauchnyj vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta grazhdanskoj aviatsii*. - 2013. - No.188. - P. 15-18. (In Russian).
- [10] **Brusov, V.S.** Metod otsenki reshenij pri ehkspluatatsii tekhnicheskikh sistem v usloviyakh neodnoznachnosti otsenki ehffektivnosti [The method of assessment solutions in the operation of technical systems in a mixed as-

- assessment of the effectiveness] / V.S. Brusov, Y.V. Odnovolik // Nauchnyj vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta grazhdanskoj aviatsii. - 2012. - No.175. - P. 78-83. (In Russian).
- [11] **Malyshev, V.V.** Metod prinyatiya reshenij v usloviyakh mnogoobraziya sposobov ucheta neopredelennosti [The method of decision-making in a variety of ways to deal with uncertainty] / V.V. Malyshev, B.S. Piyavskij, S.A. Piyavskij // Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya. - 2010. - No 1. - P. 46–61. (In Russian).
- [12] **Larichev, O.I.** Teoriya i metody prinyatiya reshenii, a takzhe Khronika sobytij v Volshebnykh stranakh [Theory and methods of decision making, as well as the Chronicles of the Magic country] / O.I. Larichev. - Moscow: Logos, 2002. - 392 p. (In Russian).
- [13] **Piyavsky, S.A.** Dva novykh ponyatiya verkhnego urovnya v ontologii mnogokriterial'noj optimizatsii [Two new concepts of top-level ontology of multi-criteria optimization] / S.A. Piyavskij // Ontology of designing. - 2013. - No. 1(7). – P. 65-85. (In Russian).
- [14] **Piyavsky, S.A.** Progressivnost' mnogokriterial'nykh al'ternativ [The progressiveness of multicriteria alternatives] / S.A. Piyavskij // Ontology of designing. - 2013. - No. 4(10). – P. 60-71. (In Russian).

Сведения об авторе



Пиявский Семён Авраамович. Окончил Куйбышевский авиационный институт в 1964 году, аспирантуру при кафедре динамики полета Московского авиационного института в 1967 году. Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики и вычислительной техники Самарского государственного архитектурно-строительного университета. Почетный работник высшей школы РФ, академик Академии наук о Земле и Академии нелинейных наук. Опубликовал более 350 научных работ в области системного анализа, методов оптимизации и принятия решений, математического моделирования, образовательных систем и технологий. Основные научные результаты: онтологии образовательного процесса, методы многоэкстремальной оптимизации, решения краевых задач для систем обыкновенных дифференциальных уравнений, принятия решений в условиях неустранимой неопределенности, оптимизации

сетей ИСЗ, оптимизации многоцелевых систем летательных аппаратов; теория многоцелевых систем, компьютерная технология технического творчества, теория оптимального управления развитием научных способностей молодежи, новые формы организации образовательного процесса в высшей школе в условиях развитой инфокоммуникационной среды и др.

Semen Avraamovich Piyavsky. Graduated from Kuibyshev Aviation Institute in 1964 and the graduate school at the Flight Dynamics Department at the Moscow Aviation Institute in 1967. Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Applied Mathematics and Computer Science at Samara State University of Architecture and Civil Engineering. Honored Worker of Higher School of Russia, Academician of the Academy of Earth Sciences and Academy of Nonlinear Sciences. He has published over 350 scientific papers in field of system analysis, optimization techniques and decision-making, mathematical modeling, education systems and technologies. Basic scientific results: education ontologies, Multiple-optimization techniques, solution of boundary value problems for systems of ordinary differential equations, decision making under fatal uncertainty, computer technology of engineering creation, the optimal control theory of young people' academic abilities development, new forms of organization of educational process in higher education in advanced info-communications environment, etc.

РОБОТ-ПРОЕКТАНТ: НА ПУТИ К РЕАЛЬНОСТИ

Н.М. Боргест^{1,a}, С.А. Власов^{1,a}, Ал.А. Громов², Ан.А. Громов³,
М.Д. Коровин^{1,b}, Д.В. Шустова^{1,c}

¹Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева
(национальный исследовательский университет), Самара, Россия

^aborgest@yandex.ru, ^bmaks.korovin@gmail.com, ^cshustovadv@ya.ru

²Научно-инженерная компания ООО «НИК-Самара», Самара, Россия
goter191@mail.ru

³ОАО «Авиаагрегат», Госкорпорация Ростех, Самара, Россия
goter191@gmail.com

Аннотация

Со времени выхода статьи «Робот-проектант: фантазия и реальность», опубликованной в журнале «Онтология проектирования» №4(6) в 2012 году, прошло ровно три года. В данной статье представлены новые результаты исследований, выполненных в Самарском государственном аэрокосмическом университете имени С.П. Королева, в области автоматизации предварительного проектирования самолета. Основное внимание уделено формализации знаний, проектных процедур и операций в выбранной предметной области, семантическому и математическому моделированию. В качестве семантической основы будущей информационной системы (интеллектуального помощника проектанта) выступает тезаурус предметной области, который является интегратором всех баз данных, знаний, процедур и сценариев проектирования. Существенным развитием в формализации проектных работ является математическое моделирование – симбиоз параметризованных геометрических 3D моделей, статистических и конечно-элементных моделей при оценке аэродинамических нагрузок, прочности и масс конструкции. Особое место в создании робота-проектанта занимает интерфейс, который должен обеспечить конструктора всей необходимой информацией для принятия окончательных решений и «объяснить» при необходимости «свои» рекомендуемые решения. Созданный прототип робота-проектанта в виде демонстрационного образца в сложной, высокотехнологичной и наукоёмкой области позволяет надеяться в будущем на реализацию автоматического проектирования простых конструкций и сокращение времени проектирования традиционных схем артефактов.

Ключевые слова: робот-проектант, 3D модель, конечно-элементная модель, тезаурус, самолет.

Введение

Интеллектуализация создаваемых машин, появление роботов, беспилотных летательных аппаратов в небе и в космосе, наземных, подземных, надводных и подводных транспортных средств уже ни у кого не вызывает удивление. Проведённый анализ существующих и разрабатываемых систем интеллектуальной поддержки показывает, как стремительно вторгается в нашу жизнь новое поколение машин – интеллектуальных помощников в реализации всё возрастающих потребностей [1]. Крупнейшие технологические и научные центры Америки, Европы и Азии вступили в борьбу за инновационные рынки. Ярким примером поиска прорывных идей и технологий является программа Европейского союза «Горизонт 2020» [2]. До 2020 года 80 млрд. евро в дополнении к частным инвестициям направляются на поддержку работ, которые позволят выйти открытиям и нововведениям из лабораторий в реальный рынок. И «умные» технологии занимают далеко не последнее место в этой гонке.

Амбициозные цели, поставленные перед Самарским государственным аэрокосмическим университетом имени академика С.П. Королева (СГАУ) войти к 2020 году в ведущие мировые научно-образовательные центры, сродни, выражаясь философским языком, трансцендированию и предполагают всем причастным к «альма-матер» ставить перед собою не менее амбициозные задачи. Представленные результаты – это фактически продолжение статьи «Робот-проектант: фантазия и реальность», опубликованной ровно три года тому назад в журнале «Онтология проектирования» №4(6) [1]. В новых результатах исследований, выполненных в СГАУ в области дальнейшей автоматизации предварительного проектирования самолета (ППС), упор сделан на стремление «передачи» описанных и формализованных знаний компьютеру, что позволит в чём-то приблизить наши исследования к реальным возможностям их практического использования в будущем.

Основное внимание уделено формализации знаний, проектных процедур и операций в выбранной предметной области (ПрО), семантическому и математическому моделированию. В качестве семантической основы будущего интеллектуального помощника проектанта выступает тезаурус, который является интегратором всех баз данных, знаний, процедур и сценариев проектирования. Формализация проектных работ во многом опирается на математическое моделирование и, в частности, на применение и взаимное дополнение параметризованных 3D моделей, статистических и конечно-элементных моделей при оценке форм и размеров самолёта, аэродинамических нагрузок, прочности и масс конструкций.

Традиционно особое место в создании человеко-машинных систем и робота-проектанта, в частности, занимает интерфейс, который должен обеспечить конструктора всей необходимой информацией для принятия окончательных решений и «объяснить» при необходимости «свои» рекомендуемые решения, получаемые на основе «защитых» в его память знаний. Созданный прототип робота-проектанта в сложной, высокотехнологичной и наукоемкой области в виде демонстрационного образца позволяет надеяться в будущем на реализацию автоматического проектирования простых конструкций и сокращение времени проектирования традиционных схем различных артефактов.

1 Формализация знаний

Системы, моделирующие накопленные знания, находят всё более широкое применение в промышленных системах поддержки проектирования. Как правило, знания в ПрО уже доступны пользователям в форме технических инструкций, справочников, чертежей и опыта специалистов. Однако, проблема перевода имеющихся знаний в форму, пригодную для машинной обработки, всё ещё актуальна и зачастую препятствует практической реализации систем интеллектуальной поддержки. Мировой опыт создания систем формализации знаний показывает, что разработка подобных программных продуктов, как правило, сталкивается с двумя основными дилеммами [3].

Проблема одного эксперта. Зачастую «движущей силой» проекта является конкретный специалист высокой квалификации, который выполняет большую часть работ по моделированию знаний, относящихся к проекту. Однако, при увеличении объема проектных данных возникает необходимость распределения работ, что, с одной стороны, позволяет снизить нагрузку на ключевого специалиста, а с другой, приводит к риску понижения качества информационной модели. Эта проблема дополнительно усугубляется тем, что не все современные системы поддержки проектной деятельности обладают функционалом распределённой работы над проектом, что создаёт дополнительные риски при реализации проектов. Таким образом, существует дилемма выбора между единоличным и распределённым процессом работы над проектом.

Проблема гибкости инструмента. Современные инструменты формализации знаний, как правило, предназначены для решения узких задач в ПрО, что делает их малоприменимыми для формализации знаний о проекте в целом. Кроме того, знания могут находиться в различных формах в виде таблиц, текста или алгоритмов. Расширение функциональных возможностей программного продукта в области формализации знаний, как правило, приводит к увеличению сложности его использования, что в свою очередь приводит к уменьшению эффективности работы. Таким образом, возникает дилемма выбора между максимально продуктивным и максимально универсальным инструментом.

Для того чтобы сохранить и передать накопленный опыт и знания, человек традиционно выстраивает целую образовательную систему по подготовке специалистов. В отличие от человека, «научить» машину сложнее, так как современные компьютеры пока не обладают образным мышлением, не владеют естественным языком. Поэтому наши знания о ПрО и процессах в них необходимо адаптировать под язык машин.

Стоящая задача по имитации деятельности проектанта предполагает не только описание самих проектных операций и выполняемых процедур, но и перевод их на формальный язык действий. Так, начальная фаза любого предпроектного исследования предполагает изучение с одной стороны прошлого опыта, свойств и параметров уже созданных артефактов; с другой стороны, важно оценить каковы же результаты новых исследований в различных областях, которые могут оказать влияние на параметры будущего проекта.

В концептуальном проектировании самолета такие исследования проводятся на основе изучения трендов, построения статистических моделей. Для формализации этого процесса создаётся и актуализируется база данных по самолётам, двигателям, аэродинамическим профилям, авионики и проч. Определяются на основе опыта наиболее востребованные и влияющие зависимости искомых параметров, которые «помогают» проектанту в оценке и принятии решений. Все эти действия описываются, протоколируются и в дальнейшем формализуются.

До недавнего времени трудно формализуемые задачи, например, как автоматическое построение на геометрической модели сетки конечных элементов, в большей степени уже подвластны создаваемым программным комплексам.

Добившись в ряде областей формализации знаний через выявленные законы, физические и эвристические закономерности, для дальнейшей трансляции знаний компьютеру на первый план встала задача семантической согласованности данных.

2 Семантическое моделирование

2.1 Тезаурус предметной области

Тезаурус ППС используется в качестве семантической основы и интегратора всех компонент разрабатываемой информационной системы (ИС) «Робот-проектант» (РП). Создание тезауруса, как разновидности онтологии, начинается с выделения области и определения границ ПрО. Глобальной ПрО является самолетостроение, локальной – этап ППС [4]. Общая терминология ПрО ППС, включённая в тезаурус, основана на Авиационных правилах, учебниках и учебных пособиях, терминологических словарях, справочниках, энциклопедиях, научных публикациях и технических отчетах по ПрО ППС [5-10].

Онтология в виде тезауруса даёт в явном виде информацию, необходимую для понимания места термина в терминологической системе, представляет собой полное семантическое окружение каждого термина, связанного семантической сетью. Онтологический подход к изучению и исследованию ПрО даёт возможность просмотреть всю совокупность слов, которыми может быть описана искомая тема, при этом обозревая в явном виде интересующее его

семантическое окружение. Терминологическая база и методы её расширения могут изменяться как во время создания, так и во время использования тезауруса, поэтому для определения информационных материалов о ПрО учитывается актуальность источников и сценарии использования онтологии. При создании тезауруса для ИС РП применялась следующая последовательность использования источников информации:

- 1) Авиационные правила, Единая система конструкторской документации, терминологические ГОСТы;
- 2) профильные учебники, тематические словари и энциклопедии;
- 3) специализированные монографии, научные отчёты, статьи в научных журналах и трудах профильных конференций.

Исходной основой для описания агрегатов самолета, как части ПрО, являются обобщённые данные, которые формируются в привычном для инженера виде, например, как это представлено на рисунке 1.

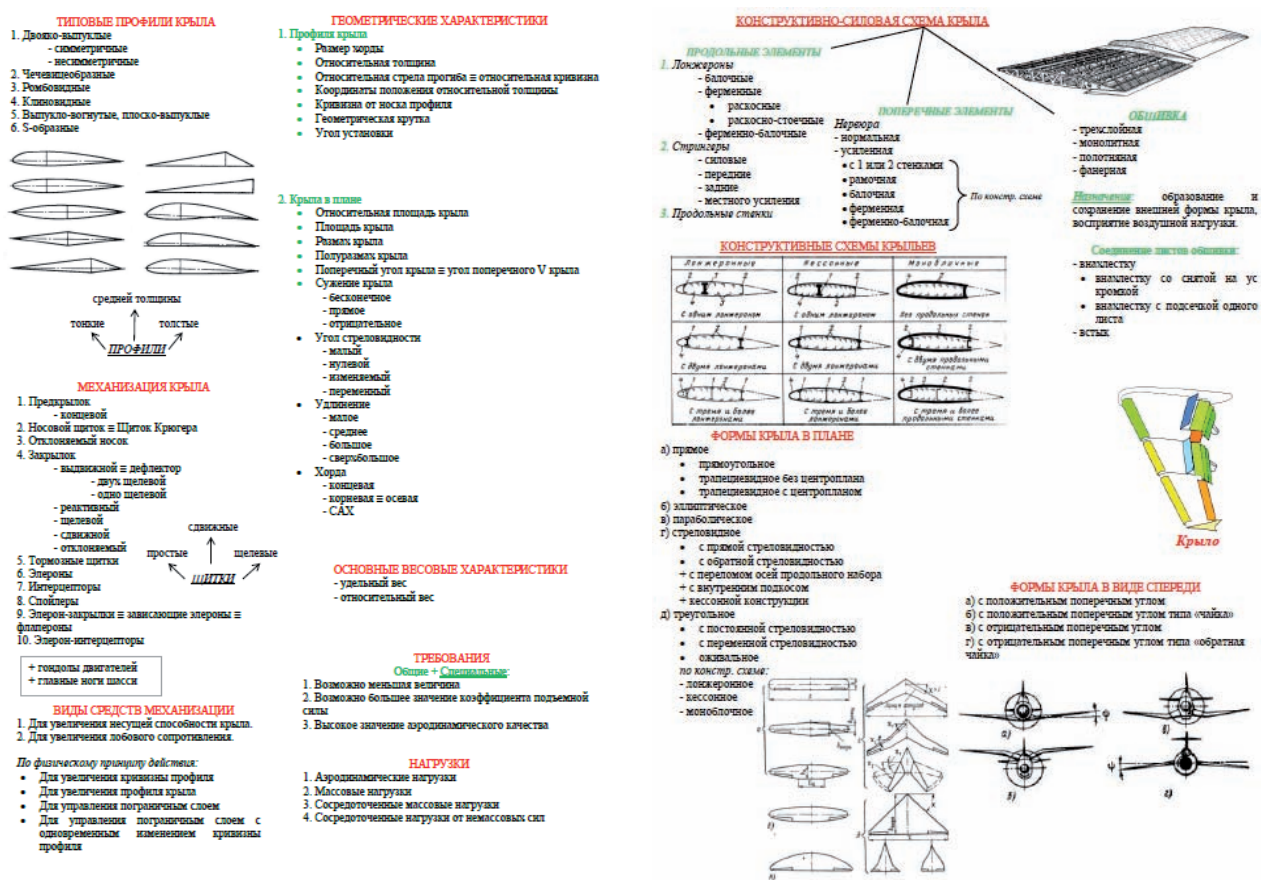


Рисунок 1 – Пример описания параметров крыла самолёта в удобном для инженера виде¹

Фрагмент формализованного описания этой части ПрО, касающийся крыла самолёта, в онтологическом редакторе «Protégé», представлен на рисунке 2. Использование тезауруса позволяет не только получить наиболее полное описание характеристик исследуемого объекта – самолёта, но и семантически увязать все проектные операции и процедуры с базами данных и знаний в исследуемой ПрО. Практическая реализация семантической увязки параметров между программными модулями в РП осуществляется с помощью созданных таблиц в MS Excel. Пример фрагмента такой таблицы представлен на рисунке 3.

¹ При подготовке исходной информации для тезауруса ПрО целесообразно включать не только устойчивые, общепринятые термины, но и устаревшие и жаргонные. Например, «главная нога» шасси.

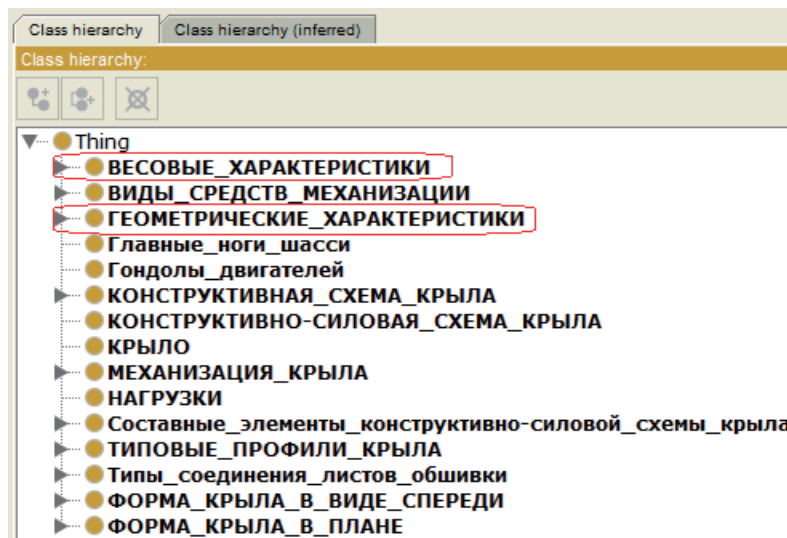


Рисунок 2 – Фрагмент тезауруса ПрО ППС, описывающего крыло самолёта

107	⊖ Тип профиля	5	⊖ Геометрические параметры крыла в плане
108	⊖ S-образный	6	⊕ Относительная площадь
109	⊖ Выпукло-вогнутый	7	⊕ Площадь
110	⊖ Двойко-выпуклый	8	⊕ Полуразмах
111	⊖ Двойко-выпуклый симметричный	9	⊕ Поперечный угол
112	⊖ Двойко-выпуклый несимметричный	10	⊕ Размах
113	⊖ Клиновидный	11	⊖ Сужение
114	⊖ Ламинарный	12	⊕ Бесконечное
115	⊖ Плоско-выпуклый	13	⊕ Отрицательное
116	⊖ Ромбовидный	14	⊕ Прямое
117	⊖ Суперкритический	15	⊖ Угол стреловидности
118	⊖ Чечевицеобразный	16	⊕ Изменяемый
119	⊖ Форма в виде спереди	17	⊕ Малый
120	⊖ С отрицательным поперечным углом	18	⊕ Нулевой
121	⊖ С положительным поперечным углом	19	⊕ Переменный
122	⊖ Типа "обратная чайка"	20	⊖ Удлинение
123	⊖ Типа "чайка"	21	⊕ Большое
124	⊖ Форма в плане	22	⊕ Малое
125	⊖ Готическое	23	⊕ Сверхбольшое
126	⊖ Параболическое	24	⊕ Среднее
127	⊖ Прямое	25	⊖ Хорда
128	⊖ Прямоугольное	26	⊕ Концевая
129	⊖ Трапецевидное без центроплана	27	⊕ Корневая
130	⊖ Трапецевидное с центропланом	28	⊕ Осевая
131	⊖ Стреловидное	29	⊕ САХ
132	⊖ С обратной стреловидностью		
133	⊖ С прямой стреловидностью		
134	⊖ Треугольное		
135	⊖ С постоянной стреловидностью		
136	⊖ С переменной стреловидностью		
137	⊖ Оживальное		
138	⊖ Эллиптическое		

Рисунок 3 – Фрагмент сводной таблицы геометрических параметров и характеристик крыла

2.2 Базы данных и знаний прошлого опыта

Базы данных (БД), создаваемые для информационного обеспечения проектантов самолётов, плохо описываются реляционной моделью, но на практике в силу удобного инструментария используют именно такую структуру и соответствующие СУБД.

Статистика по выпущенным ранее самолётам позволяет получать зависимости параметров и характеристик от тех или иных интересующих проектанта факторов. Если в качестве фактора (аргумента) принять текущее время, то можно наглядно графически показывать динамику изменения параметров по годам выпуска прототипов. Обычно для получения прогноза достаточно интерполяцией ретроспективного ряда выявить основную тенденцию изменения параметра и экстраполяцией распространить эту тенденцию на перспективу. Важно выявить зависимости параметров не только от времени, но и от факторов, которые напрямую влияют на удовлетворение всех требований ТЗ и имеют физически обоснованную связь. В автоматическом режиме РП может принять решение о выборе значения параметра, например стреловидность крыла, по следующим сценариям, ориентируясь на:

- тренд значений стреловидности крыла по годам;
- физическую зависимость выбранного параметра от других параметров и характеристик самолёта;
- значение параметра выбранного прототипа [10].

РП позволяет пользователю самому выбирать значение параметра, используя те же стратегии, что и для автоматического режима.

В действующем прототипе РП реализована БД, работающая совместно с системами поиска и извлечения информации. К информации, хранящейся в базе знаний РП, предъявлялись следующие требования:

- достоверность конкретных и обобщённых терминов, имеющих в БД;
- релевантность или семантическое соответствие информации, то есть не только оценка степени соответствия, но и степени практической применимости соответствующих данных;
- исключение противоречий, контроль правильной интерпретации терминов.

Использование тезауруса позволяет получить наиболее полное описание характеристик исследуемого объекта – самолёта и помочь в изучении данной ПрО в случае использования ИС в образовательных целях.

3 Сценарии проектирования

В качестве ПрО для РП выбрано ППС. С одной стороны, это сфера деятельности, которая всегда требовала творческих решений, с другой – она достаточно хорошо формализована. Результатом работы РП является модель самолёта. Стадия ППС включает разработку общей концепции проектируемого объекта, составление моделей элементов объекта, подготовку технико-экономического обоснования, формирование задания на проектирование.

Описание объекта включает его конструктивную схему, приближённые оценки массы, габаритных размеров и энергопотребления.

РП – это компьютер с периферийными устройствами, инструментарии, включающие в себя машинные языки описания, систему управления БД (СУБД), САД-системы, редакторы онтологий и базу знаний, как совокупность тезауруса, БД, правил и процедур, со сценариями проектирования. Укрупнённая структурная схема РП представлена на рисунок 4.

РП может работать в автоматическом режиме или же в режиме интеллектуального помощника проектанта-человека, при этом степень участия человека в проектировании не является постоянной величиной и зависит от желания пользователя. Иными словами, для каждого пользователя предварительно или динамически в процессе работы создаётся сценарий общения, включающий в себя степень автоматизации процесса проектирования, выбор предпочтительных устройств ввода-вывода данных, необходимость выполнения тех или

иных этапов проектирования. Таким образом, сценарий и сам вид интерфейса РП зависят от предпочтений конкретного пользователя.

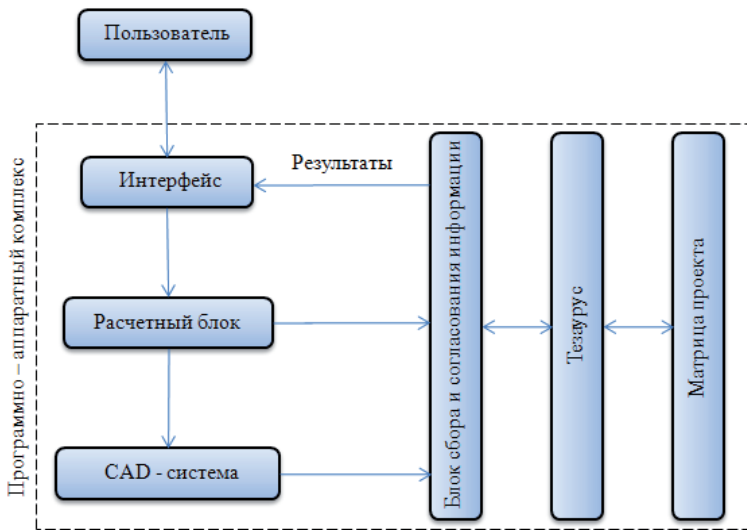


Рисунок 4 – Структурная схема работа-проектанта

Задача аналитического проектирования самолёта осуществляется на основе математической модели, которая характеризуется совокупностью внешних параметров (требований технического задания на проект самолета: параметры целевой нагрузки; потребная дальность полета; крейсерская скорость; класс аэродрома базирования и т. д.); и совокупностью внутренних параметров (параметры самолёта, определяемые в процессе решения задачи: взлётная масса, удельная нагрузка на крыло, стартовая тяговооружённость, аэродинамические характеристики, размеры самолёта и его агрегатов, со-

став и параметры оборудования и систем и т. д.), а так же целевой функцией (критерием или критериями эффективности), позволяющей выбрать среди альтернативных проектов наилучший.

Разрабатываемый РП в силу программно-аппаратных ограничений не способен самостоятельно синтезировать принципиально новые варианты конструктивно-силовой схемы, поэтому система использует те варианты схем конструкций, которые предварительно были в ней описаны.

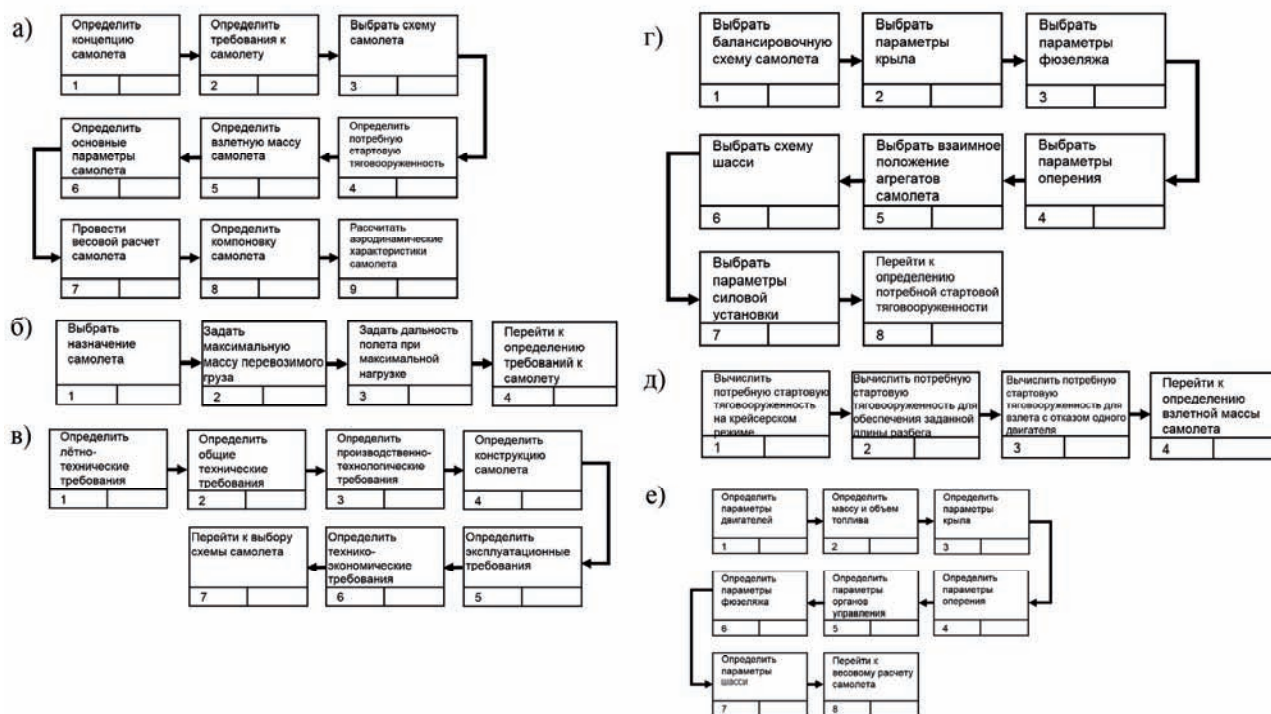
РП позволяет провести анализ ряда вариантов схем и компоновок самолета и самостоятельно или, если требуется, на основе диалога с проектантом, выбрать вариант, наиболее полно отвечающий заданным техническим требованиям.

РП имеет модульную схему – отдельные подзадачи (например, определение удлинения крыла или его массы) решаются обособленными подпрограммами, выполнение которых инициируется роботом по заданной логике.

Совокупность используемых в решении конкретной задачи расчётных модулей формирует сценарий расчёта. Он зависит от типа решаемой задачи, степени вовлечённости человека в процесс работы робота-проектанта, а также от выбранного метода расчёта.

Вычисление параметров будущего самолёта производится отдельными расчётными модулями, которые получают необходимую информацию из матрицы проекта и возвращают в неё результат своей работы. Выполнение конкретного модуля инициируется при условии достаточности входных данных для этого модуля, при этом входом одних модулей может являться выход других. Выполнение независимых модулей может идти параллельно.

Сценарий проектирования воспроизводит последовательность действий проектанта, фактически является формализацией методики ППС, описанной в [10]. Фрагменты сценария взаимодействия пользователя с интеллектуальной системой, построенной на основе промышленной САПР, для ППС представлены в виде диаграммы на рисунке 5. На основе подробного описания всех действий проектанта разрабатывался интерфейс поддержки принятия решений РП самолёта и, в частности, схема увязки расчётных модулей и сценарный план проектирования.



а - пример общего сценария; б, в, г - определение концепции самолёта; д - определение тяговооружённости самолёта; е - определение основных параметров самолёта

Рисунок 5 – Фрагменты сценария взаимодействия пользователя с роботом-проектантом

4 Математическое моделирование

Математическая модель в разработанном программном комплексе РП основана на так называемой технологии быстрых расчетов [11-15]. Была использована схема исследования поведения объекта, состоящая из нескольких этапов.

На первом этапе строится модель изучаемого объекта в виде функциональной зависимости $y = F(x)$, где переменная x описывает сам объект и задаёт условия его функционирования, а значение y - есть некоторая характеристика объекта при заданных условиях функционирования. Функция F является неизвестной. Как правило, существует некоторое количество измерений $\Phi = \{y_i = F(x_i), i = 1, 2, \dots\}$, полученных в результате натуральных или вычислительных экспериментов. По известному множеству Φ с использованием математических методов анализа и обработки данных строится «суррогатная» модель - функция $y = FS(x)$, значения которой принимаются в качестве приближённого значения характеристики y для объекта с описанием x .

Далее к построенной суррогатной модели применяются математические методы решения экстремальных и оптимизационных задач, которые требуют проведения расчётов с помощью функции $y = FS(x)$ на множестве данных x , существенно превышающем множество имеющихся измерений. Если в задачах расчёта характеристик объектов в качестве входных данных ещё возможно использование детального описания геометрии объекта (например, в задачах аэродинамического проектирования самолета CFD-коды (*Computational fluid dynamics*) используют описания поверхности самолёта, получаемые из CAD-систем), то решение задач оптимизации функций, зависящих от тысяч аргументов, является весьма трудоёмким. В этих задачах размерность аргументов функций аппроксимации является существенным ограничи-

вающим фактором. Поэтому одной из самых важных задач является задача снижения размерности описания объекта [11-14].

В настоящей работе в качестве целевой функции, а также в качестве функциональных ограничений, рассматриваются суррогатные модели или аппроксиматоры. Входными данными аппроксиматоров являются геометрическое описание самолёта и его основные лётно-технические параметры. Геометрическое описание самолёта задаётся с использованием сравнительно небольшого числа интегральных геометрических характеристик - параметров модели, которые отражают наиболее существенные свойства самолёта и традиционно используются экспертами и инженерами на этапе предварительного проектирования. Такой подход существенно сокращает размерность описания объекта, обеспечивая при этом степень детальности, достаточную для предварительной оценки параметров и характеристик самолёта.

4.1 Геометрическая модель

В работе использован метод, позволяющий создавать геометрические модели самолета в автоматическом режиме при помощи технологии параметрического моделирования. Любой процесс проектирования как совокупность методов анализа и синтеза включает в себя набор правил и методов. Они могут быть обобщены и реализованы программными средствами в некую свёртку, условно называемую «параметрическим шаблоном». При использовании шаблонов проектировщику требуется лишь ввести входные данные. На выходе строятся целые конструкции по заложенным в шаблоне знаниям и алгоритмам решения задач. Шаблоны дают возможность однажды созданные алгоритмы применять повторно к другим построениям, получая при этом новый результат. Схема данного подхода представлена на рисунке 6. Все шаблоны разработаны с использованием языка Visual Basic Script (VBS) и внутреннего языка САПР CATIA.

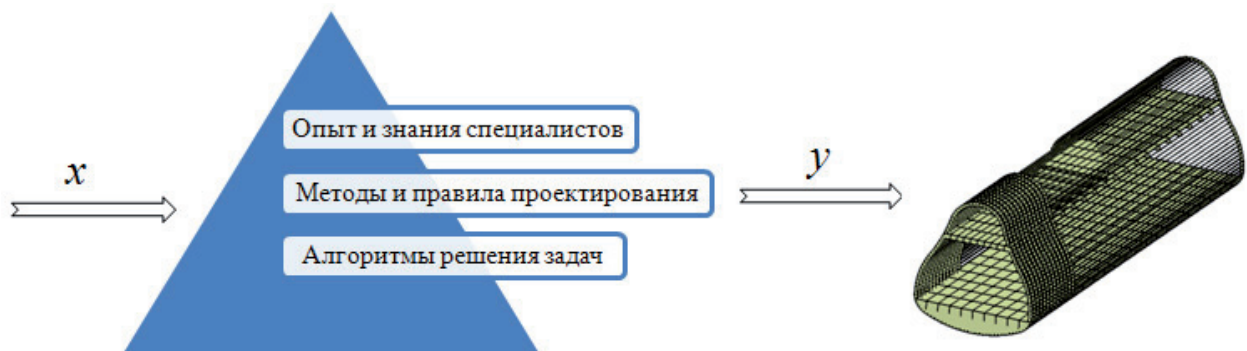
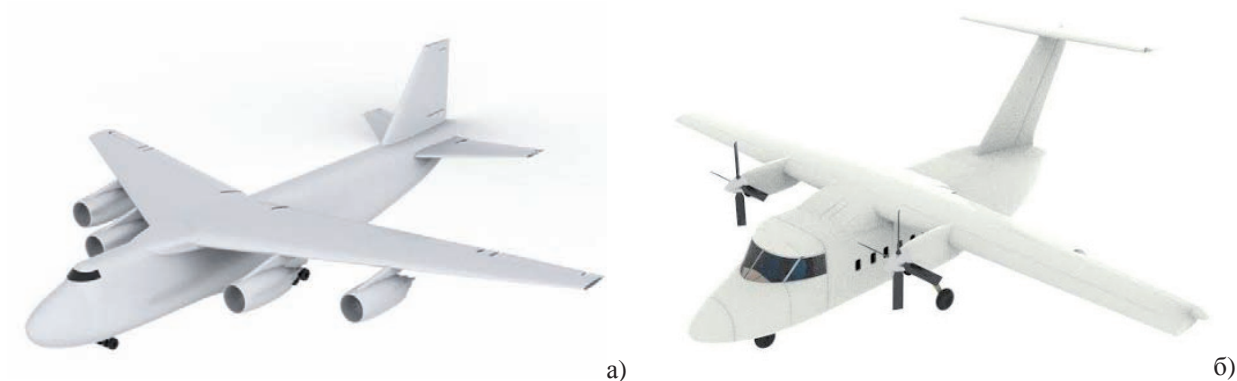


Рисунок 6 - Процесс проектирования при помощи параметрических шаблонов

Построенная геометрическая 3D модель самолёта, примеры которой представлены на рисунках 7 (внешние виды самолётов) и 8 (конструктивно-силовая и объёмная компоновка самолёта), может быть использована в качестве основы для последующего инженерного анализа в САЕ-системах, а также для физических экспериментов на твёрдотельной модели, полученной на 3D-принтере (рисунок 9).



а) -3D модель тяжёлого транспортного самолёта; б) - 3D модель лёгкого регионального самолёта

Рисунок 7 - Примеры выполненных проектов самолетов в среде РП

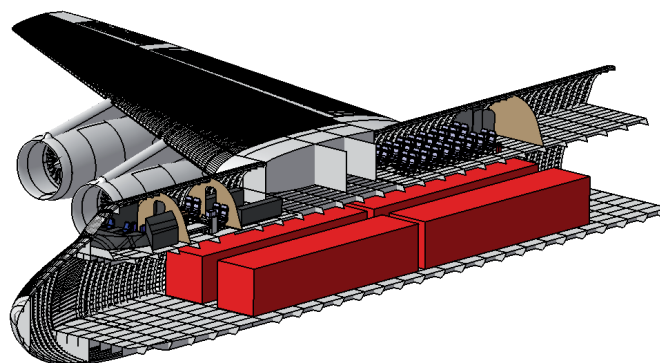


Рисунок 8 – 3D модель конструктивно-силовой и объёмной компоновки транспортного самолёта в препарированном виде (пример)



Рисунок 9 – Испытание твёрдотельной модели (масштаб 1:100) транспортного самолёта в аэродинамической трубе

4.2 Инженерный анализ

Анализ и оптимизация элементов конструкции самолёта реализуются в расчётном модуле РП. Расчёты ведутся по методу конечных элементов в интегрированном в среду РП программном комплексе [13]. Описание же геометрических параметров модели происходит в графическом модуле РП. Такой подход имеет очевидные ограничения, поскольку физическое описание модели основывается на конечно–элементной (КЭ) модели, в которой топологические отношения не могут быть изменены в процессе расчёта. Тем не менее, в практических задачах расчёта конструкций большинство физических свойств КЭ модели прямо или косвенно связаны с иерархической топологией геометрических элементов. Свойства компонентов хранятся в геометрической модели, а свойства КЭ наследуются непосредственно из сетки КЭ модели.

Процесс КЭ моделирования, анализа и оптимизации элементов конструкции самолета является итеративным. Схема процесса представлена на рисунке 10.

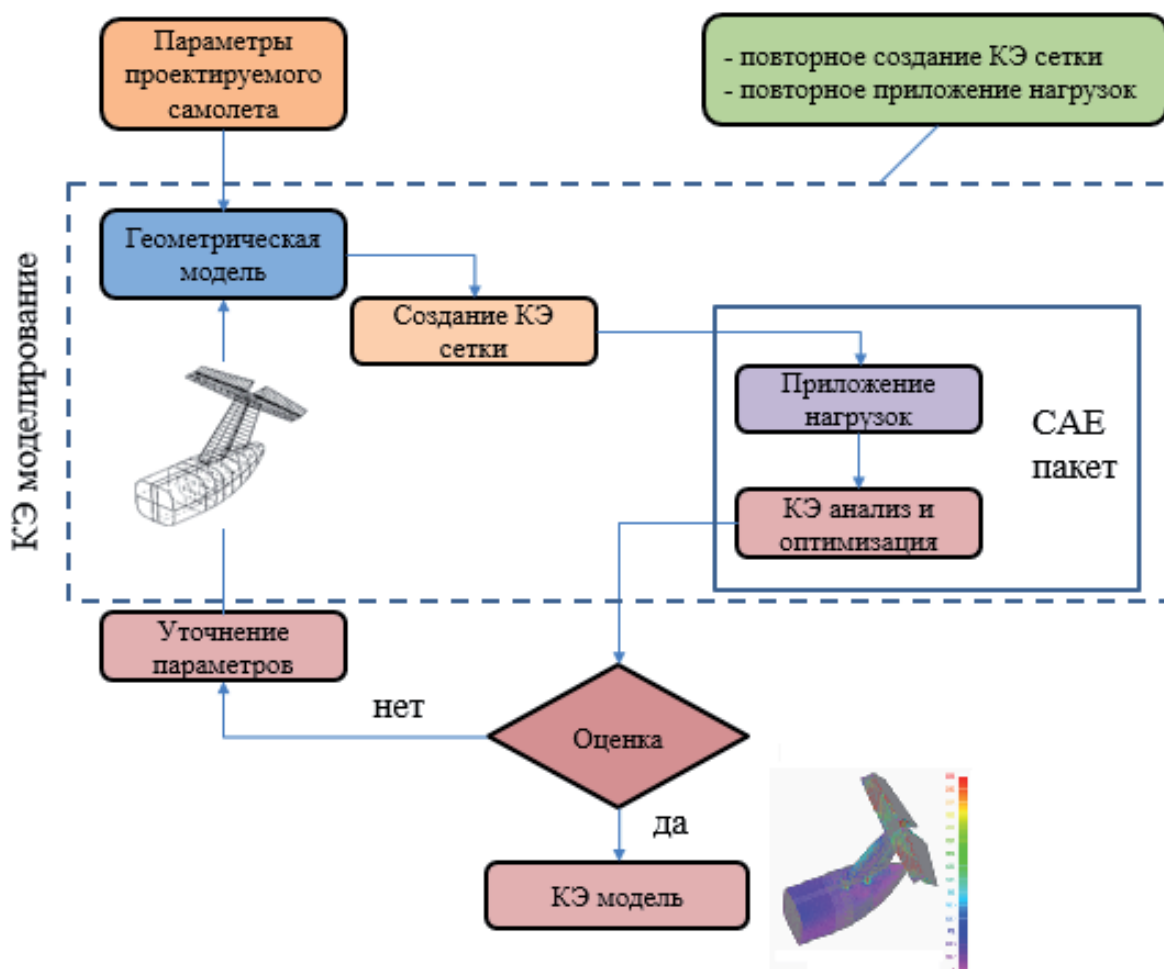


Рисунок 10 – Схема реализованного в РП процесса конечно-элементного моделирования

Таким образом, в соответствии с представленной схемой, при изменении геометрии происходит соответствующее обновление свойств КЭ модели.

При проектировании элементов конструкции крыла требуются параметрические шаблоны лонжеронов, нервюр, стрингеров и обшивок, опирающиеся на базовые плоскости крыла и скелетную модель. Скелетная модель является своеобразной основой модели крыла. Она яв-

ляется частью многоуровневой абстракции геометрической модели, состоящей из плоскостей, точек, линий, сплайнов, поверхностей и множества других геометрических элементов в САПР CATIA. При создании скелетной модели используется методика параметрических шаблонов. САПР CATIA позволяет осуществлять полное геометрическое описание скелетной модели в автоматическом режиме. В процессе параметрического проектирования расположение новых или аналогичных частей может быть осуществлено путём изменения исходных данных и изменения параметров шаблона.

Геометрические характеристики конструкции крыла определяются с учётом элементов внутренней компоновки крыла, их пространственного расположения, габаритов, конструктивно-силовой схемой, расположением лонжеронов, нервюр, стрингеров и т. д. На рисунке 11 представлен пример скелетной параметрической модели крыла.

Для решения задачи автоматизации прочностного расчёта самолёта на основе параметризованной модели агрегатов самолёта необходимо установление параметрической ассоциативной связи между геометрической и КЭ моделями.

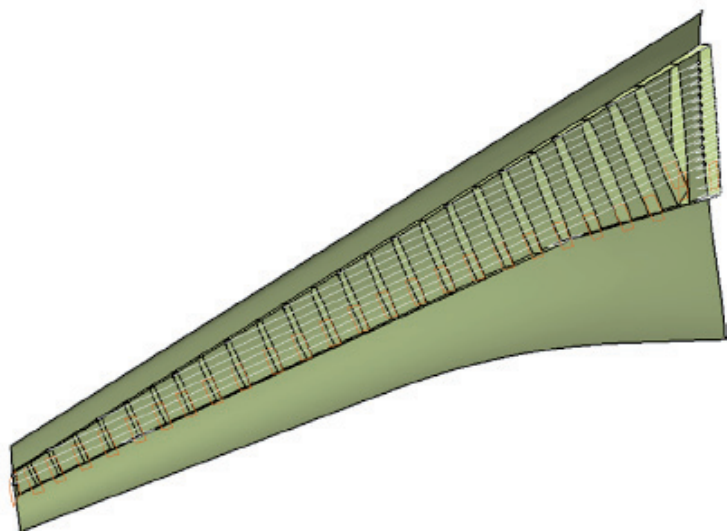


Рисунок 11 – Скелетная параметрическая модель крыла

При создании КЭ сетки на пересечении двух конструктивных элементов должно обеспечиваться правильное сочленение смежных участков поверхностей. Это является необходимым условием для того, чтобы гарантировать совпадение узлов конечных элементов, лежащих на линии пересечения, т.е. узлы конечных элементов от двух компонентов должны быть совпадающими.

Таким образом, для того, чтобы создать корректную КЭ модель, необходимо произвести дискретизацию геометрической модели.

Целью дискретизации являются топологические преобразования для создания общих ребер, точек и ли-

ний скелетной модели. Для этого производится сегментация участков поверхностей на линиях их пересечения. Такие кривые называют граничными линиями поверхностей, разделяющими поверхности на небольшие участки, называемые геометрическими элементами сетки.

Применяемая в ИС РП КЭ модель включает в себя два типа элементов: одномерные и двумерные. Процесс генерации сетки происходит по схеме, описанной в работе [13]. Пример сгенерированной таким образом геометрической сетки представлен на рисунке 12.

Правила для определения свойств элементов конструкции крыла описываются следующим образом:

<свойства> ::= (... <типы элементов конструкции>, <типы элементов>, <свойства материала>, <физические свойства>);

<типы элементов конструкции> ::= (<пластина >, <стержневой элемент>, <оболочки>...);

<типы элементов> ::= (<CROD>, <CQUAD4>, <CBAR>, <SHEAR>...);

<свойства материала> ::= (<алюминиевые сплавы>, <титановые сплавы>, <магние-вые сплавы>, <легированные стали>, <композиционные материалы>...);

<физические свойства> ::= (<толщина>, < площадь поперечного сечения>, <координаты>...).

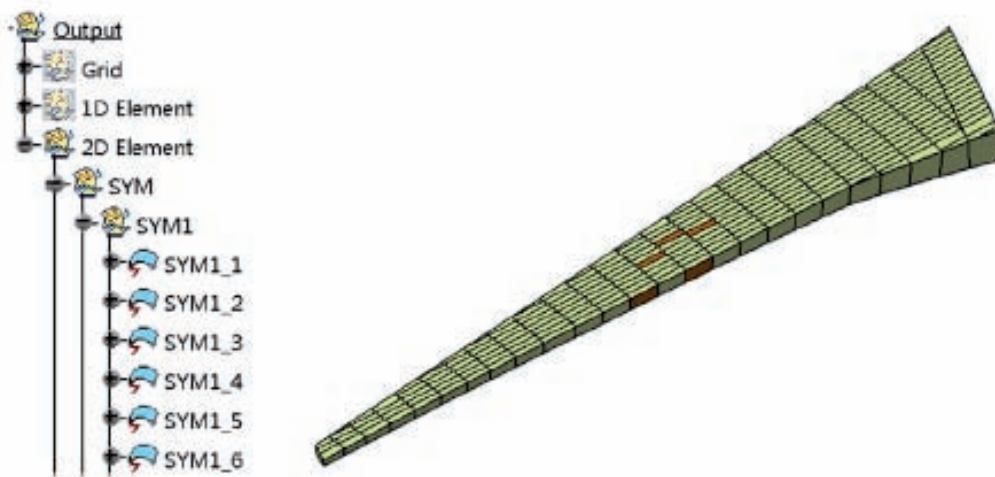
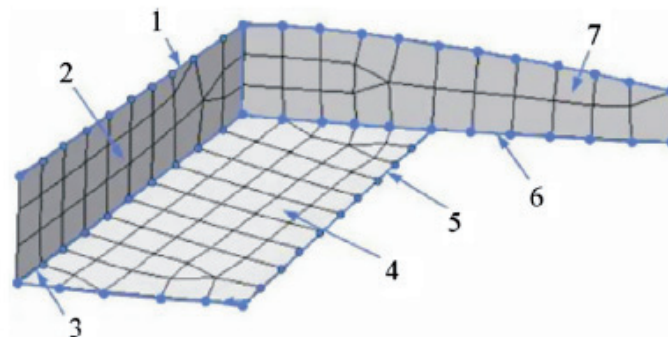


Рисунок 12 – Геометрическая сетка крыла

В соответствии с характером силовой работы элементов конструкции самолета, типы КЭ выбираются на основе следующих допущений. Пояса лонжеронов, пояса нервюр и стрингеры воспринимают осевые усилия, вызванные изгибающими моментами, представляются как стержневые одномерные элементы. Элементы конструкции, воспринимающие поперечные нагрузки, представляются двумерными элементами (пластины, мембраны).

На рисунке 13 представлен фрагмент КЭ модели с различными свойствами. Результат расчёта КЭ модели крыла представлен на рисунке 14.



- 1 – стержневой элемент верхнего пояса лонжерона, 2 – элемент типа пластина стенки лонжерона,
- 3 – стержневой элемент нижнего пояса лонжерона, 4 – элемент типа пластина нижней обшивки,
- 5 – стержневой элемент стрингера, 6 – стержневой элемент нижнего пояса нервюры,
- 7 – элемент типа пластина стенки нервюры

Рисунок 13 – Фрагмент КЭ модели

На практике автоматизация выбора типа КЭ (пластина, стержень) осуществляется в зависимости от типов геометрических элементов (поверхность, кривая).

Для каждого конструктивного элемента должно создаваться, в зависимости от характера его силовой работы, индивидуальное свойство, и задача должна рассматриваться как оптимизационная, с возможностью использования динамично изменяющихся входных параметров.

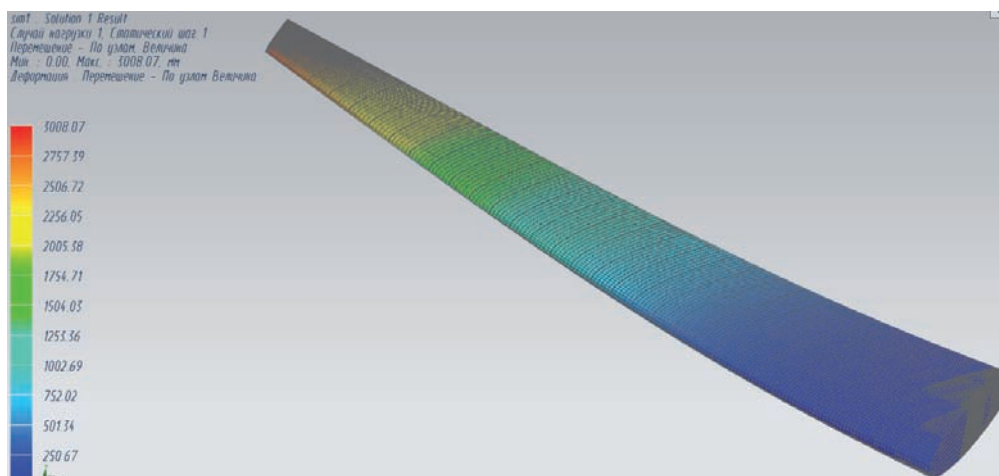


Рисунок 14 – Результат прочностного анализа КЭ модели крыла (деформация крыла от воздушной нагрузки)

В то же время оптимизация размеров и оптимизация формы представляют разные процессы. Оптимизация размеров ведётся средствами КЭ анализа. При этом обновляются лишь физические свойства КЭ модели, без изменения параметров геометрической модели. Задача оптимизации формы решается средствами геометрического моделирования САПР CATIA.

Геометрическая модель циклично обновляется после прохождения итераций оптимизации КЭ модели, и так происходит до тех пор, пока результаты оптимизации не будут удовлетворять выбранным критериям.

Информация о КЭ модели выводится отдельным файлом - информационным списком. Такой файл содержит сведения о типах конечных элементов, номерах элементов, номерах узлов, физических свойствах материалов.

4.3 Аэродинамическая оценка

Задача автоматизации аэродинамической оценки решается схожим образом с задачей автоматизации инженерного анализа. Для того, чтобы автоматизировать процессы, необходимые для выполнения аэродинамической оценки, написаны соответствующие макросы на языке программирования Visual Basic.

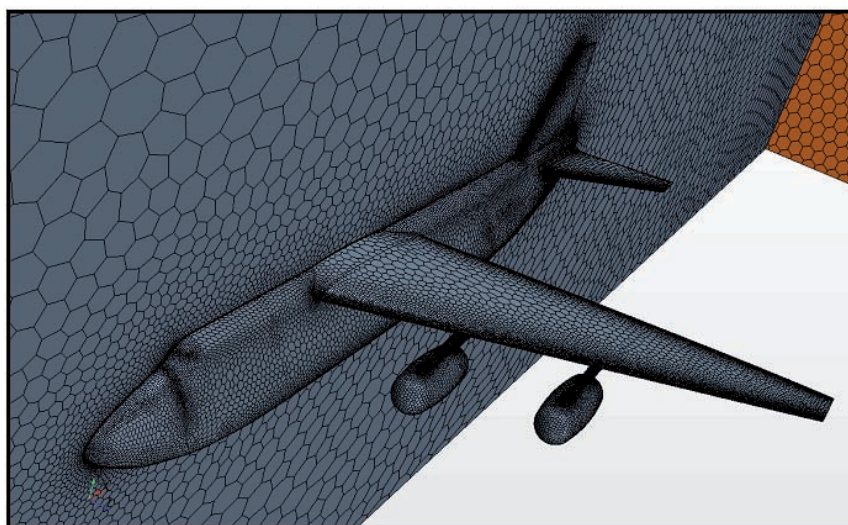


Рисунок 15 - Модель самолёта в расчётной области

Структурная сетка, используемая при расчёте, создаётся при помощи программы ANSYSTM ICEM CFD при помощи макроса. Макрос загружает файл исходной геометрии, созданной ранее в САПР CATIA, и ранее сгенерированная сетка автоматически экспортируется в CFD-решатель, используемый для выполнения аэродинамических расчётов.

На рисунке 15 представлена модель самолёта

в расчётной области. Сетка моделируется с различными уровнями плотности (один уровень - в области следа от тела модели, другой - вокруг самого тела модели).

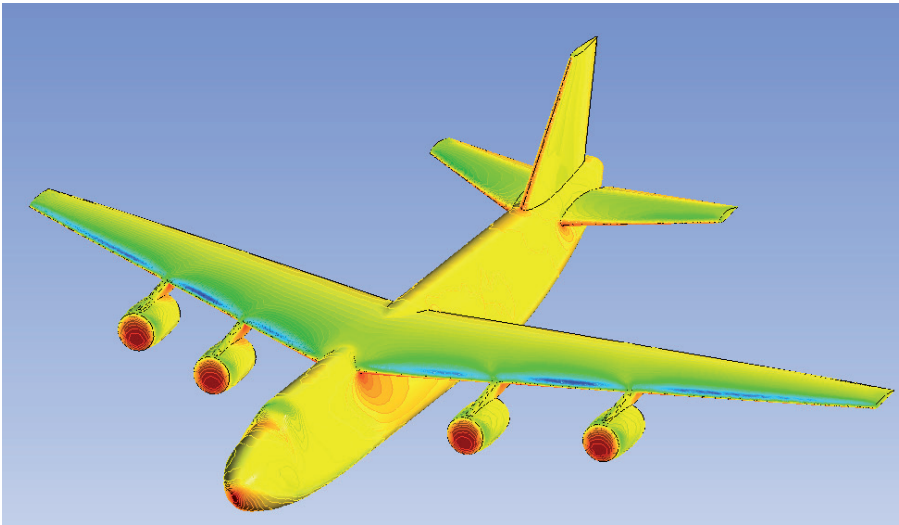


Рисунок 16 – Пример демонстрации распределение давления на внешней поверхности транспортного самолёта

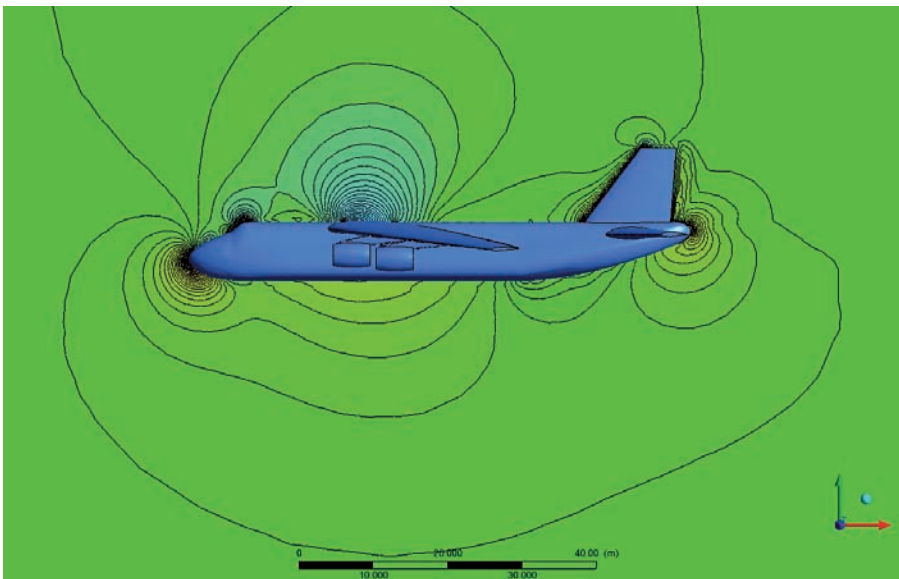


Рисунок 17 – Пример распределение давления в плоскости симметрии транспортного самолёта

В связи с нетривиальностью задачи комплексной численной оценки аэродинамических характеристик всего самолёта и ограниченными вычислительными мощностями первого демонстрационного прототипа РП принято решение временно ограничиться двумерной задачей обтекания профиля крыла в районе средней аэродинамической хорды (САХ).

Задача моделирования турбулентных течений решается с использованием уравнений Навье-Стокса при помощи метода конечных объёмов.

На рисунках 16 и 17 приведены примеры результатов аэродинамических расчётов транспортного самолёта на дозвуковых скоростях полёта. В частности, показано распределение воздушного давления внешние поверхности самолёта. Результаты таких расчётов позволяют определить значения аэродинамической нагрузки на конструкцию, которые в сочетании с другими видами нагрузок необходимы для проведения инженерного анализа и проведения проектных прочностных исследований.

В процессе аэродинамического расчёта определяются значения коэффициентов подъёмной силы C_{ya} , аэродинамического сопротивления C_{xa} и давления C_p на разных углах атаки и при разных числах Маха. Далее эти результаты передаются в матрицу проекта для сравнения и корреляции результатов расчётов, выполняемых другими методами в расчётном блоке РП [5, 16].

5 Интерфейс интеллектуального помощника проектанта

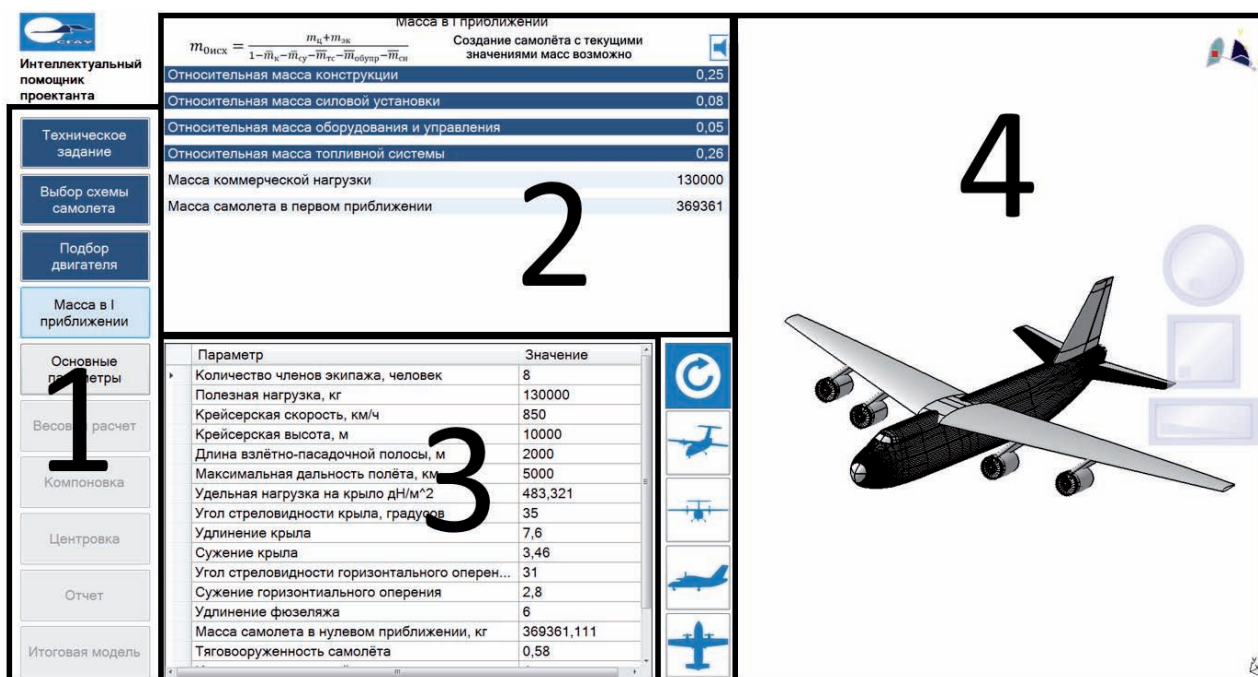
Пользовательский интерфейс ИС РП должен содержать необходимые инструменты и типы модели, подходящие под задачи пользователя. Из всего спектра возможных методов, применимых для моделирования изделия в рамках CAD системы, наиболее перспективным представляется онтологический подход, в рамках которого становится возможным обеспечение семантической наследуемости модулей интерфейса в рамках единой онтологической модели жизненного цикла изделия.

Взаимодействие пользователя с ИС в её интерфейсе описывается средствами сценария, в котором фиксируется форма диалога, регламентирующая последовательность транзакций и вид обмена сообщения между РП и пользователем. В зависимости от используемых средств, сценарий может быть представлен в виде графа переходов конечного автомата, либо в виде совокупности фреймов. Совокупность сценариев диалога (как статических, так и динамических) хранится в соответствующих библиотеках и представляет собой модель общения, реализуемую пользовательским интерфейсом ИС.

Интерфейс ИС рассматривается как инструмент, который способен осуществлять поддержку таких действий, как проектирование, разработка, отображение и изменение объектов в графически-ориентированной среде.

5.1 Экранные формы интерфейса «Робота-проектанта»

Интерфейс ИС РП (рисунок 18) состоит из нескольких основных экранов: сценарного плана проектирования («таймлайн»), интерактивного экрана изменения проектных параметров, матрицы проекта и окна предварительного просмотра модели.



1 - сценарный план проектирования; 2 - интерактивный экран изменения проектных параметров; 3 - матрица проекта; 4 - окна предварительного просмотра модели

Рисунок 18– Внешний вид интерфейса ИС РП

Таймлайн служит для описания процесса проектирования самолёта. Каждый пункт таймлайна представляет отдельный вычислительный модуль, отвечающий за выполнение некоторого набора проектных процедур.

Интерактивный экран изменения проектных параметров содержит модули, отвечающие за ввод или коррекцию проектных параметров проекта.

Матрица проекта служит для демонстрации пользователю сводной информации по ключевым проектным переменным проекта. Изменяя проектные параметры на текущем этапе сценария, пользователь может в реальном времени контролировать влияние внесённых изменений на результат расчёта: в табличной форме в матрице проекта и визуально, на экране предварительного просмотра модели.

5.2 Концепция управления САД-системой с использованием клиент-серверного приложения

В качестве примера применения технологии удалённого доступа рассмотрено удалённое управление параметризованной моделью транспортного самолета, созданной в САД CATIA, при помощи мобильного устройства на базе ОС Windows. Удалённо варьируя проектные параметры самолёта, описанные в матрице проекта, пользователь получает возможность осуществлять перестроение трёхмерной геометрической модели без необходимости непосредственного взаимодействия с САД системой.

Экран клиентского приложения на начальном этапе проработки состоит из массива названий полей и полей ввода значения. Серверная часть приложения получает запрос от клиента, обрабатывает его, связывается с БД и отправляет обратно ответ клиенту. В качестве БД использована база проектных параметров тяжелого транспортного самолета, интегрированная в РП [1]. БД выполнена в системе MS Excel и связана с параметризованной моделью. Сохранение БД запускает регенерацию модели по актуализированным данным, включая выбор и расчёт проектных параметров, не определённых пользователем на этапе ввода данных.

Для написания серверной части приложения был выбран объектно-ориентированный язык C#. В БД хранятся как редко изменяемые данные (архивы, справочные данные, типовые проектные решения), так и сведения о текущем состоянии различных версий выполняемых проектов. Как правило, БД работает в многопользовательском режиме, с её помощью осуществляется информационный интерфейс (взаимодействие) различных подсистем САПР.

Удалённый доступ к интерфейсу системы реализуется с целью упрощения взаимодействия пользователя с системой проектирования, повышения доступности благодаря возможности доступа с мобильных устройств (планшетных компьютеров и телефонов).

6 Демонстрационный экземпляр

Для демонстрации результатов, полученных в процессе создания РП, был изготовлен демонстрационный экземпляр интерактивного макета автоматизированной системы проектирования летательных аппаратов на базе выставочного киоска с сенсорным управлением (рисунки 19). Работа демонстрационного образца сопровождается аудио и визуальными подсказками, которые позволяют взаимодействовать с системой пользователям, не являющимся специалистами в области авиастроения. Демонстрационный экземпляр предназначен для экспонирования на выставках и презентациях. В силу ограниченного количества времени, доступного в формате презентации, сценарии расчёта, заложенные в демонстрационный образец, рассчитаны на большую степень автоматизации, что, с одной стороны, позволяет сократить время, необходимое для создания проекта, а с другой – помочь пользователю, слабо знакомому с процессом проектирования самолёта, достичь результата.



Рисунок 19 – Внешний вид демонстрационного образца ИС «Робот-проектант»

Заключение

Результаты, полученные при создании прототипа РП в области ППС, демонстрируют реализуемость интеллектуальных помощников в области конструирования сложных технических артефактов. Представленный прототип позволяет пользователю, незнакомому с САД-системами, успешно создавать трёхмерные модели самолёта и его агрегатов, а также их различные представления, в автоматическом режиме осуществляя комплекс действий, которым обычно занимается конструктор. Полученный результат позволяет надеяться на активное использование РП как интеллектуальных помощников в реальной практике проектирования.

Благодарности

Представленные результаты являются частью работ, выполняемых по теме: «Разработка новых концепций, методов и технологий проектирования, производства и эксплуатации агрегатов и систем перспективных авиационных комплексов» в рамках Программы повышения конкурентоспособности Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет) среди ведущих мировых научно-образовательных центров на 2013–2020 гг.

Список источников

- [1] **Боргест, Н.М.** Робот-проектант: фантазии и реальность / Н.М. Боргест, А.А. Громов, А.А. Громов, Р.Х. Морено, М.Д. Коровин, Д.В. Шустова, С.А. Одинцова, Ю.Е. Княжихина // *Онтология проектирования*. - 2012. - №4(6). - с. 73-94.
- [2] Horizon 2020 - The EU Framework Programme for Research and Innovation. - <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/what-horizon-2020>.
- [3] **Lidwell, W.** Universal Principles of Design, Revised and Updated: 125 Ways to Enhance Usability, Influence Perception, Increase Appeal, Make Better Design Decisions, and Teach through Design. / Lidwell, W., Holden, K., Butler, J. - Rockport Publishers. 2010. — 272 p.

- [4] Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории – Режим доступа: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293795/4293795750.htm>.
- [5] *Егер, С.М.* Проектирование самолётов / С.М. Егер, В.Ф. Мишин, Н.К. Лисейцевы др. - М.: Машиностроение, 1983.- 616 с.
- [6] *Боргест, Н.М.* Онтологический анализ решения проектных задач на примерах / Боргест Н.М., Симонова Е.В., Шустова Д.В. // Саарбрюкен: Ламберт, 2015. - 144 с.
- [7] *Боргест, Н.М.* Краткий словарь авиационных терминов / Боргест Н.М., Данилин А.И., Комаров В.А. // Под ред. В.А. Комарова. – М.: Изд-во МАИ, 1992. – 224 с.
- [8] *Шустова, Д.В.* Подход к разработке семантических основ информационных систем для проектирования и производства авиационной техники // Онтология проектирования. – 2015, том 5, №1(15). – с. 70-84.
- [9] *Borgest, N.* The Concept of Automation in Conventional Systems Creation Applied to the Preliminary/Borgest N., Korovin M., Gromov Al., Gromov An. // *Soft Computing in Computer and Information Science/ Advances in Intelligent Systems and Computing*. V.342. Springer. – 2015. – P.147-156. - DOI 10.1007/978-3-319-15147-2
- [10] *Комаров, В.А.* Концептуальное проектирование самолёта: учебное пособие / Н.М. Боргест, И. П. Вислов, Н.И. Власов, Д.М. Козлов, В.А. Комаров, О.Н. Корольков, В.Н. Майнсков. - Самара: изд. Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2013. - 140 с.
- [11] *Hurlimann, F.* Mass estimation of transport aircraft wingbox structures with a CAD/CAE-based multidisciplinary process / F. Hurlimann, R. Kelmb, M. Dugasb, K. Oltmannb, G. Kressa // *Aero-space Science and Technology*. – 2011. – V.15. – N.4. – pp.323-333.
- [12] *Jiapeng, T.* A finite element parametric modeling technique of aircraft wing structures / Tang Jiapeng,, Xi Ping, Zhang Baoyuan, Hu Bifu // *Chinese Journal of Aeronautics*. – 2013. – V.26. – N.5. – P.1202-1210.
- [13] *Рычков, С.П.* Моделирование конструкций в среде MSC Visual NASTRAN для Windows / С. П. Рычков. – М.: NT Press, 2004. – 546 с.
- [14] *Hürlimann, F.* Aircraft Multidisciplinary Design Optimization using Design of Experiments Theory and Response Surface Modeling Methods: Dissertation ... Doctor of Sciences / Florian Hürlimann; ETH Zurich. – Zurich, 2010 – 148 p.
- [15] *Kou, X.Y.* Knowledge-guided inference for voice-enabled CAD / Kou, X.Y., Xue S.K., Tan S.T./*Computer-Aided Design*, Volume 42, Issue 6, June 2010, - pp.545-557.
- [16] *Торенбик Э.* Проектирование дозвуковых самолётов: Пер. с англ. / Пер. Е. П. Голубков. - М.: Машиностроение, 1983. – 648 с.

ROBOT-DESIGNER: ON THE ROAD TO REALITY

N.M. Borgest^{1,a}, S.A. Vlasov^{1,a}, Al.A. Gromov^{2,b}, An.A. Gromov^{3,c}, M.D. Korovin^{1,d}, D.V. Shustova^{1,e}

¹*Samara State Aerospace university named after academician S.P. Korolev (national research university), Samara, Russia*

^a*borgest@yandex.ru, ^dmaks.korovin@gmail.com, ^eshustovadv@ya.*

²*Engineering research company “NIK-Samara” Ltd, Samara, Russia*

^b*gomer191@mail.ru,*

³*JSC «Aviaagregat», Technodinamika state-owned corporation, Samara, Russia*

^c*gomer191@gmail.com, ru*

Abstract

Three years have passed since the article “Robot-designer: fantasy and reality” was published in the “Ontology of designing” journal No. 4(6) in 2012. This article aims to summarize the results, achieved in Samara State aerospace university in the field of aircraft preliminary design automation. The emphasis was made on the formalization of knowledge, design scenarios and operations in the chosen engineering domain, semantic and mathematical modelling. A “Preliminary aircraft design” thesaurus serves as a semantic basis for the future software system, acting as an integration backbone for data and knowledge bases, design operations and scenarios. A distinctive progress has been achieved in the field of mathematical modelling – a symbiosis of parameterized geometrical models, statistic and finite-element models for evaluation of aerodynamic loads, structural stress and weight. A specific user interface is being created in order to provide a designer with a comprehensive tool that would give the user the necessary information on

the project and, if necessary, to “explain” the decisions, that the system makes, or suggests on its own based on the chosen design scenario. Prototype of the “Robot-designer” system, created as a demo unit in a complex high-tech area, holds out a hope of possibility of full automation in the field of designing structures of traditional forms, reducing time, necessary to design artifacts of traditional schemes.

Key words: *robot-designer, 3D model, finite-element model, thesaurus, airplane.*

Acknowledgements

Results, shown in the paper were achieved within the “Development of new concepts, methods and techniques of designing, manufacturing and operation of parts and systems of perspective aviation complexes” project. The project itself is a part of the “Improving the competitiveness of Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolev for 2013-2020” program amongst leading educational centers.

References

- [1] **Borgest, N.M.** Robot-designer: fantasiya i realnost [Robot-designer: fantasy and reality]/N.M. Borgest, A.I.A. Gromov, An.A. Gromov, R.H. Moreno, M.D. Korovin, D.V. Shustova, S.A. Odintsova, Y.E. Knyazhina//Ontology of designing. - 2012. – No.4(6). – pp. 73-94 (In Russian).
- [2] Horizon 2020 - The EU Framework Programme for Research and Innovation. - <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/what-horizon-2020>.
- [3] **Lidwell, W., Holden, K., Butler, J.** Universal Principles of Design, Revised and Updated: 125 Ways to Enhance Usability, Influence Perception, Increase Appeal, Make Better Design Decisions, and Teach through Design. Rockport Publishers. 2010. — 272 p.
- [4] JAR-25 <http://meganorm.ru/Index2/1/4293795/4293795750.htm> (In Russian).
- [5] **Eger, S.M.** Aircraft design: Textbook for universities / S. M. Eger, V. F. Mishin, N. K. Liseitsev et al. — Moscow: Mashinostroenie, 1983.— 616 p. (In Russian).
- [6] **Borgest, N.M.** Ontologicheskij analiz resheniya proektnykh zadach na primerakh [Ontological analysis of the solution of design problems based on examples] / Borgest N.M., Simonova E.V., Shustova D.V. // Saarbruecken: Lambert, 2015. - 144 p. (In Russian).
- [7] **Borgest, N.M.** Kratkij slovar' aviatsionnykh terminov [Concise dictionary of aviation terms] / Borgest N.M., Danilin A.I., Komarov V.A. // Edited by. V.A. Komarov. – Moscow: MAI publ., 1992. – 224 p. (In Russian).
- [8] **Shustova, D.V.** Podkhod k razrabotke semanticheskikh osnov informatsionnykh sistem dlya proektirovaniya i proizvodstva aviatsionnoj tekhniki [Approach to the development of the semantic foundations of information systems for the design and manufacture of aviation equipment] //Ontology of designing. – 2015, vol. 5, No.1(15). – pp. 70-84. (In Russian).
- [9] **Borgest, N.** The Concept of Automation in Conventional Systems Creation Applied to the Preliminary/Borgest N., Korovin M., Gromov A.I., Gromov An. // Soft Computing in Computer and Information Science/ Advances in Intelligent Systems and Computing. V.342. Springer. – 2015. – P.147-156. - DOI 10.1007/978-3-319-15147-2 .
- [10] **Komarov, V.A.** Kontseptual'noe proektirovanie samolyota: uchebnoe posobie [Conceptual aircraft design: a tutorial] / N.M. Borgest, I. P. Vislov, N.V. Vlasov, D.M. Kozlov, V.A. Komarov, V.N. Mainskov, O.N. Korolkov. - Samara: publ. of Samara state aerospace university, 2013. - 140 p. (In Russian).
- [11] **Hurlimann, F.** Mass estimation of transport aircraft wingbox structures with a CAD/CAE-based multidisciplinary process / F. Hurlimann, R. Kelmb, M. Dugasb, K. Oltmannb, G. Kressa // Aero-space Science and Technology. – 2011. – V.15. – N.4. – P.323-333.
- [12] **Jiapeng, T.** A finite element parametric modeling technique of aircraft wing structures / Tang Jiapeng, Xi Ping, Zhang Baoyuan, Hu Bifu // Chinese Journal of Aeronautics. – 2013. – V.26. – N.5. – P.1202-1210.
- [13] **Rychkov, S.P.** Modelirovanie konstruksij v srede MSC Visual NASTRAN dlya Windows [Structural modelling in the MSC Visual NASTRAN for Windows] / S. P. Rychkov. – Moscow: NT Press, 2004. – 546 p. (In Russian).
- [14] **Hürlimann, F.** Aircraft Multidisciplinary Design Optimization using Design of Experiments Theory and Response Surface Modeling Methods: Dissertation ... Doctor of Sciences / Florian Hürlimann; ETH Zurich. – Zurich, 2010 – 148 p.
- [15] **Kou X.Y.** Knowledge-guided inference for voice-enabled CAD/Kou X.Y., Xue S.K., Tan S.T.//Computer-Aided Design, Volume 42, Issue 6, June 2010, Pages 545-557.
- [16] **Torenbeek E.** Synthesis of Subsonic Airplane Design. – Rotterdam: Delft University Press, 1976. – 648 p.

Сведения об авторах



Боргест Николай Михайлович, 1954 г. рождения. Окончил Куйбышевский авиационный институт имени академика С.П. Королёва в 1978 г., к.т.н. (1985). Профессор кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), директор издательства «Новая техника», с.н.с. ИПУСС РАН. Член Международной ассоциации по онтологиям и их приложениям (IAOA). В списке научных трудов более 200 работ в области автоматизации проектирования и искусственного интеллекта.

Nikolay Mikhailovich Borgest (b. 1954) graduated from the Kuibyshev Aviation Institute named after academician S.P. Korolev (Kuibyshev-city) in 1978, PhD (1985). He is a Professor at Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolev (National Research University), Director of «New Engineering» publishing house, Senior Research worker at IPUSS RAS. He is a member of the International Association for Ontology and its Applications, co-author of more 200 scientific articles and abstracts in the field of CAD and AI.



Власов Сергей Александрович, 1992 г. рождения. Магистрант Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королёва. В списке научных трудов 5 работ. Области научных интересов: САПР, CALS технологии, программирование и алгоритмизация.

Vlasov Sergey Aleksandrovich, (b. 1992) Master student at Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolev (National Research University). He is co-author of 5 papers. Area of scientific interests: CAD, CALS, programming and algorithmization.

Громов Алексей Александрович, 1989 г. рождения. Выпускник магистратуры Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королёва. Инженер-конструктор Научно-инженерной компании ООО «НИК-Самара». В списке научных трудов 6 работ. Области научных интересов: САПР, проектирование самолета.

Gromov Gromov Alexey Aleksandrovich (b. 1989) A graduate of the Magistracy of Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolev (National Research University). Design Engineer Research and Engineering Company LLC "MIK-Samara". He is co-author of 6 scientific articles. Area of scientific interests: CAD, aircraft design.

Громов Андрей Александрович, 1989 г. рождения. Выпускник магистратуры Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королёва. Инженер-конструктор ОАО «Авиаагрегат» Госкорпорации Ростех. В списке научных трудов 6 работ. Области научных интересов: САПР, проектирование самолета.

Gromov Andrey Aleksandrovich (b. 1989). A graduate of the Magistracy of Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov. Design engineer of "Aviaagregat" State Corporation Rostec. Gromov's area of scientific interests: CAD, aircraft design.



Коровин Максим Дмитриевич, 1990 г. рождения. Аспирант Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королёва. В списке научных трудов более 30 работ. Области научных интересов: САПР, CALS технологии.

Maxim Dmitrievich Korovin, (b. 1990) postgraduate student of Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University). He is co-author of more than 30 scientific articles. Area of scientific interests: CAD, CALS.

Шустова Дина Владимировна, 1987 г. рождения. Окончила Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва в 2009 г., магистратуру СГАУ в 2010 г.

Аспирант кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов СГАУ. В списке научных трудов более 30 работ в области автоматизации проектирования и искусственного интеллекта. Область научных интересов: онтология проектирования.

Dina Vladimirovna Shustova (b. 1987) graduated from the Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolev in 2009, magistracy SSAU (2010). She is a postgraduate student of SSAU, co-author of more than 30 scientific articles and abstracts in the field of CAD and AI. Area of scientific interests: ontology of designing.



К ФЕНОМЕНОЛОГИИ ВОЗМОЖНЫХ МИРОВ ЧЕЛОВЕКА: ЭКЗИСТЕНЦИАЛЬНАЯ ОНТОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Ю.М. Резник

*Институт философии РАН, г. Москва, Россия
reznik-um@mail.ru*

Аннотация

Феноменология обосновывает онтологический статус трансцендентального субъекта, осуществляющего «сборку» человеческой реальности из недостающих элементов бытия, проецирующих разнообразные возможности. Особую ценность феноменологический подход приобретает в связи с формированием альтернативного будущего человека – проектированием его нового бытия. Экзистенциальная феноменология представляет собой самостоятельную методологическую программу, которая базируется на синтезе феноменологического и экзистенциального подходов. Философы заняты мысленным конструированием бытия человека, помещая возможно-сущее в контекст долженствования. Они исследуют условия возможности человека быть не просто сущим, а быть определённым, долженствующим сущим, которое рассматривается ими в экзистенциальном плане. Результатом исследования явилось следующее: впервые автором вводится и обосновывается понятие «онтологический проект», которое характеризует долженствующую возможность бытия человека как особого сущего, реализуемую в конкретных условиях места и времени. Другими словами, это – знание о том, чем «может стать» его бытие и чем оно «должно быть» с точки зрения метафизических универсалий в определенной перспективе. В построении проекта бытия философ, рефлексирующий его метафизические основания, и обычный человек с его повседневными практиками объединяют свои усилия, вступая в диалог и создавая пространство со-бытия, в котором становится возможным их подлинное и свободное существование.

***Ключевые слова:** феноменология, экзистенциализм, экзистенция, бытие человека, сущее, возможное, должное, онтология проектирования, трансцендентальный субъект, проект бытия.*

1 К онтологии проектирования

Для начала уточним содержание понятий «возможность», «должное» и «проект». Возможность здесь и далее я буду понимать как нереализованное состояние вещей и явлений или как непроявленную тенденцию бытия сущего. Это – то, что может случиться, произойти, стать, но чего ещё нет в реальности («ещё не ставшее бытие»). Её можно трактовать также как условие или предпосылку какого-либо явления. В философии встречаются и другие определения возможности: сумма представлений о вещи, взятых за неопределённое время (И. Кант [см. 1]), потенциальная структура бытия (А.Н. Уатхейд [2, с.188-189]) и т.д. Обычно различают формальную, абстрактную и обратимую возможности.

Некоторые исследователи полагают, что в настоящее время философия, исчерпав модальности сущего и должного, открывает новую модальность человеческого бытия – возможность [3]. Но думаю, что это – явное преувеличение. И в случае с проектированием всё оказывается сложнее: сущее, должное, возможное и невозможное сходятся в одной точке («точке сборки»), вокруг которой формируется образ бытия человека. Да и бытие сущего, как такового, нельзя рассматривать лишь как предмет философской рефлексии.

Сущность проекта можно последовательно определить, отвечая на вопросы: «Что?», «Как?» и «Почему?» (или «Зачем?»). Проект бытия человека (онтологический проект)

относится не к сущему человеку как его действительности, а к возможному. Возможное – это «что» проекта, т.е. сфера бытия, подлежащая проектированию. Он осуществляется при помощи должного, которое следует рассматривать как его «почему». По сути дела, это – *долженствующая возможность сущего*, открытая к исполнению в определённой временной перспективе. Ответ на вопрос «почему?» лежит в плоскости познавательных и практических интересов субъекта проектирования, его ценностных ориентаций. Так должно быть с точки зрения субъекта проектирования. И никак иначе.

Ответ на вопрос «как» скрывается в природе самого бытия. Человеческое бытие проективно (от лат. *projectio* – бросание вперёд). В этом плане его можно представить как бытие-впереди-самого-себя. А значит, полное погружение в него достигается путём выявления всех скрытых в нём возможностей и определения потенциала перемен. «Как» – это значит выбрасывать сущее вперёд самого себя, «толкать» бытие в желаемом для субъекта направлении.

Но каким же образом мы отличаем предмет, т.е. проектируемую реальность (возможное бытие) от самой проектной деятельности? Если возможное – это то, что может и должно стать, осуществиться в бытии, то проект есть, по Сартру, «набросок бытия» [4]. Проектирование означает делание чего-либо не просто возможным, а определённым (долженствующим) возможным. Проект – это образ такого возможного, которое с высокой долей вероятности для субъекта должно быть в действительности. Таким образом, он относится к сфере возможностного знания и опыта.

Так, М. Эпштейн предлагает различать понятия «возможное» (*possible*) и «возможностное» (*possibilistic*). «Возможное – это определение к конкретным событиям, к тому, что может произойти... Можно выделить класс возможных объектов и отличать его от класса существующих объектов... Возможностное – это не возможный объект, а подход к объекту с точки зрения его возможностей... Философия и есть возможностный подход ко всему сущему...» [3, с. 71]. С моей точки зрения, по отношению к человеку возможное – это его бытие, находящееся в модусе становления, разворачивания, а возможностное – сам проект человека как практическое знание о возможном и инструмент его конструирования.

Я не уверен только, что *всю* философию следует отождествлять с возможностным подходом в целом, задача которого, по мнению М. Эпштейна, – умножать возможные миры. На мой взгляд, это относится лишь к *проектной философии*, которая соотносится с философией, постигающей существующие миры сквозь призму всеобщего.

Но что касается феноменологии, то к ней статус возможностного знания подходит значительно больше, чем к другим философским направлениям. Ведь она имеет дело, по Гуссерлю, с интерпретацией как-бы-опыта (представимостью, вообразимостью феноменов). Это – наука об априорных возможностях трансцендентального субъекта [5, с. 88]. Несколько иначе, но близко по сути звучит так: «духовная деятельность по концептуальному моделированию возможных миров» [6, с. 173] или конструирование «совокупности возможных миров, не ограниченных предикатом существования» [3, с. 75].

2 Феноменология как возможностное знание о бытии

У феноменологии как философии возможного (и возможностного подхода) формируется иное видение предмета: «Философия именно представляет мир не таким, какой он есть, а каким он мог бы быть, в принципиальном отличии от сущего. Философия создаёт новый класс объектов, о которых нельзя высказать ни истинных, ни ложных суждений» [3, с. 65]. И этим классом объектов выступают, на мой взгляд, феномены человеческого бытия.

Феноменология рассматривается мной в трёх аспектах:

- 1) как учение о феноменах человеческого бытия и их конституировании, включая онтологию (познавательная функция);
- 2) как система методов истолкования этих феноменов (методологическая функция);
- 3) как особый способ их конструирования (проектная функция).

Как учение о феноменах она складывается в области соприкосновения сознания и предметного мира, что определяет сущность человеческого бытия. Как известно, феномены – идеальные сущности или мыслимые предметы, скрывающие смыслы (интенциональные объекты), не обладают непосредственной данностью для субъекта. Они открываются его сознанию и воспринимаются интуитивно и в значительной мере intersubjectively.

Феноменология изучает феномены как мир (поле) возможностей, соединяя в себе определённым образом сущее, возможное и должное. Феномены, которые выражают явленность предметов сознанию, содержат в себе возможность, значимую для субъекта. В отличие от фактов, относящихся к эмпирическому миру, они не принадлежат к модальности реально существующего (наличного бытия), а находятся в зоне действия или модальности долженствования (проектируемого бытия). Их сфера существования – пересечение возможного и должного в бытии человека.

Феноменология тесно связана с экзистенциализмом, образуя направление, именуемое экзистенциальной феноменологией. Познание человека предполагает анализ личностных оснований познающего субъекта, в том числе раскрытие трансцендентального Эго в его полной конкретности и со всеми интенциональными коррелятами [5, с. 104].

Союз феноменологии и экзистенциализма имеет давние корни в философии человека (М. Хайдеггер [7], Ж.-П. Сартр [4], М. Мерло-Понти [8] и др.). Одним из первых его обосновал в своих марбургских лекциях М. Хайдеггер [7]. Однако я не могу согласиться целиком с представлением Хайдеггера о феноменологии как науке о бытии. Для меня феноменология есть в первую очередь один из ракурсов философской онтологии наряду с другими онтологическими моделями, а уже затем – подход, разрабатываемый той или иной наукой.

Основываясь на данной работе автора и трудах других представителей экзистенциализма, я попытаюсь вкратце раскрыть содержание направления «экзистенциальная феноменология человека», которое встроено, на мой взгляд, в систему проектирования человеческого бытия, ориентированного на построение возможных миров человека и формирование его самого как открытой возможности.

3 Экзистенциальная феноменология как проектная философия

Сформулирую несколько тезисов, подтверждающих экзистенциальную и проектную направленность феноменологии человека.

Первое. Что же такое феноменология – теория или метод? Обратимся к Хайдеггеру. Феноменология, по его мнению, не есть одна из философских дисциплин, а представляет собой *метод научной философии вообще*. К такому итогу он стремится привести слушателей своих марбургских лекций.

Такая же точка зрения сформулирована им в трактате «Бытие и время» (1927). «Выражение «феноменология» означает, прежде всего, методическое понятие. Оно характеризует не содержательное **что** предметов философского исследования, но их **как...** Титул «феноменология» выражает максимум, которая таким образом может быть сформулирована: «к самим вещам!» – против всех свободно парящих конструкций, случайных находок, против заимствования любых... концепций...» [9, с. 36-37]. Здесь акцент делается лишь на одном из методов феноменологии – феноменологической редукции.

Но так ли это на самом деле? С тем, что феноменология есть только метод и ничто иное, не согласуются мнения других представителей феноменологии. Об этом свидетельствуют их многочисленные трактовки: наука о предметах опыта или учение о явлениях (И. Кант), учение о становлении знания от чувственной непосредственности к абсолютному знанию (Гегель), строгая наука о чистом сознании или наука о созерцании сущности (Гуссерль), описание феноменов, которое предшествует проблематизации и концептуализации (Н. Гартман) и т.д.

Следовательно, в существующей традиции значение термина «феноменология» понимается значительно шире, чем у Хайдеггера. Это – и учение о феноменах, и учение о методе, выявляющее чистые формы сознания. Ведь «как» в феноменологии Хайдеггера нисколько не отменяет её «что». Причем «как» в отличие от «что» – это прямое указание на подход к постижению и преобразованию бытия сущего. Поэтому предмет («что») необходимо рассматривать в единстве с методом или подходом («как»).

Таким образом, знание о предмете феноменологии (*теория*) необходимо отличать от знания о её методе (*методология*). В этой связи интересно проследить различие феноменального и феноменологического, которое приводит Хайдеггер в своей работе «Бытие и время». ««Феноменальным» именуется то, что дано и поддается экспликации в способе встречаемости феномена; отсюда речь о феноменальных структурах. «Феноменологическим» называется всё то, что принадлежит к способу выявления и экспликации и что составляет требуемую в этом исследовании концептуальность» [9, с. 37]. Следовательно, феноменальное относится к сущностной характеристике «что» бытия (предмету феноменологии), а феноменологическое – к знанию о нём, в т.ч. знанию о «как», т.е. о способе интерпретации и конструирования феноменов бытия.

Другими словами, феноменологическое характеризует понимание феноменального поля, а последнее в свою очередь охватывает мир феноменов, смысл которых подлежит далее экспликации. Феноменология призвана изучать и конструировать феноменальное поле как реальность второго порядка наряду с «естественными объектами» (непосредственно воспринимаемыми вещами и явлениями) и трансцендентальными объектами (интенциональными предметами и умопостигаемыми сущностями).

Вывод: феноменология есть, прежде всего, учение о феноменах бытия человека (феноменальном поле), которое располагает собственной методологией. Именно в этом качестве она претендует на *проектирование* человеческого бытия. Феномены же суть возможные образования, которые существуют лишь в мышлении и воображении человека. Они выражают искусственную, созданную и удерживаемую сознанием предметность бытия. Хотя их нет в действительности (как эмпирической данности), они всё же производят изменения в нашем жизненном мире, благодаря чему мы можем их распознавать и даже ими управлять.

Второе. Чтобы понять предмет феноменологии, необходимо проникнуть в природу феноменов человеческого бытия и выделить их онтологические признаки. Феноменология, по М. Хайдеггеру, возможна также как онтология человека, и наоборот. «Феноменологическое понятие феномена имеет в виду как кажущее себя бытие сущего, его смысл, его модификации и дериваты. И казание себя здесь ни какое угодно, ни тем более что-то вроде явления» [9, с. 35]. Казаться – не значит быть на самом деле, т.е. существовать в эмпирическом мире как наличном бытии.

Кажимость как раз и «делает» феномены образами *возможного* бытия – бытия, которое может быть, но ещё не стало и может быть тем или иным бытием. Поэтому мыслить его можно всякий раз иначе или по-другому, если, конечно, не задаваться целью сделать доступным наше описание возможных миров другим субъектам.

Однако признаков мыслимости и кажимости недостаточно для понимания феноменов. Феномены – это не только умопостигаемые вещи («мыслимые предметы»), и не только кажущиеся образования, которые предстают на табло сознания субъектов как нечто условное и не совсем очевидное с обыденной точки зрения. Чаще всего они выступают как *конвенциональные* образования, являющиеся результатом согласования между субъектами. Они существуют как чистая возможность и доступны только сознанию субъектов, которые воспринимают и интерпретируют их сходным образом. Одним словом, феномены суть умопостигаемые предметы, доступные сознанию многих субъектов и кажущиеся им из своего далёка как что-то похожее и узнаваемое. Это – не сами вещи, мыслимые нами как таковые, и даже не то, чем они нам кажутся в той или иной ситуации, а то, как они представляются на табло сознания в виде конвенциональных образов. Так, например, феномен мира как состояние общества каждый из нас понимает по-своему, но существуют общеразделяемые представления и рабочие определения, которых мы придерживаемся в ходе взаимодействия. Именно последние придают феноменам статус возможного существования.

В этом смысле феноменология есть способ определения того, что есть человек как возможное бытие, постигаемое посредством феноменов. Примечательно, что Хайдеггер специально обосновывает онтологический статус феноменологии [7, с. 21]:

- 1) тезис Канта: бытие не есть реальный предикат;
- 2) восходящий к Аристотелю тезис средневековой онтологии (схоластики): к бытийному устройению сущего относятся что-бытие (*essentia*) и бытие-в-наличии (*existentia*);
- 3) тезис онтологии Нового времени: основные способы бытия суть бытие природы (*res extensa*) и бытие духа (*res cogitans*);
- 4) тезис логики в самом широком смысле: всякое сущее без ущерба для присущего ему способа быть позволяет говорить о себе посредством «есть»; бытие как копула.

Конструировать бытийный феномен (и феноменальное поле в целом) можно только феноменологически, т.е. определяя способы изменения его бытия – конституирование и конструирование. Конституирование характеризует «естественный» порядок формирования феноменов, т.е. наделение их смысловой структурой в соответствии со значениями, сложившимися у субъектов. Конструирование же полагает порядок образования новых феноменов или изменения их прежнего смыслового содержания. Всякому конституированию предшествуют акты конструирования и наоборот.

Вывод: реальное сущее всегда *есть*, существует определённым способом бытия. Бытие же возможного является нам как мыслимое, кажимое (кажимость) и должное, т.е. как то, что скрыто в сущностной структуре бытия и может постигаться чувственно-рациональным (интуитивным) путём. Поэтому феномен есть всегда только то, что мыслится о бытии его сущего, а его бытие есть в свою очередь бытие возможно-мыслимого [9, с. 37]. Он предстаёт на табло нашего сознания как мыслимая возможность быть чем-то или кем-то для нас в соответствии с нашими ценностями и установками (как долженствующая возможность).

Третье. Экзистенциальная феноменология постигает и проектирует бытие такого сущего, как человек, из его экзистенции. Её главная задача – «регулировать и вести за собой объяснение вот-бытия (*Dasein*¹) и его смысла» [7, с. 5]. Это – интуитивное усмотрение и

¹ Автор, а за ним и редакция сочли возможным согласиться с аргументацией переводчика А.Г. Чернякова: «В тех случаях, когда слово *Dasein* используется как *terminus technicus*, мы чаще всего оставляем его без перевода. Когда же, по нашему мнению, это слово не употребляется строго терминологически, но сохраняет связь с техническим употреблением, мы передаем его при помощи искусственного, но ставшего уже привычным, выражения «вот-бытие», имитирующего морфологию немецкого слова... Хайдеггер определяет *Dasein* как особое сущее, а его бытие называет экзистенцией. Тем не менее, в некоторых контекстах, говоря «*Dasein*», Хайдеггер, на наш взгляд, имеет в виду скорее бытие, экзистенцию, а не сущее, которому такое бытие присуще. В этих случаях появляется необходимость передавать *Dasein* как «вот-бытие»...».

раскрытие *экзистенциальных смыслов*, заложенных в феноменах человеческого бытия. Хайдеггер определяет Dasein как особое сущее, а его бытие называет экзистенцией. Это – не различие между сущностью и существованием, а различие между «*чтойностью*», кто-бытием (самостью) и «*чтойностью*», что-бытием (наличным бытием). Следовательно, Dasein есть «*что*» и «*кто*» в одно и то же время: местоположение чего-то (присутствие) и существование кого-то (вот-бытие). Иными словами, наличное или предметное сущее в нём обозначает чтойность (существование чего-то), а вот-бытие сопряжено по смыслу со ктойностью (существованием кого-то, самостью).

Экзистенция не есть существование в буквальном смысле. Более того, её следует отличать по содержанию и от Dasein (присутствия). В философии она имеет несколько значений: способ бытия природной вещи (Кант); способ бытия Dasein (Хайдеггер); способ бытия Бога как образцового, совершеннейшего сущего, первоосновы всего сущего и т.д. Однако в отличие от Dasein физическое тело не может экзистировать, а лишь имеется в наличии (наличное бытие сущего). Dasein в модусе своей ктойности не находится в наличии, а только экзистирует. Поэтому в нём различают два модуса: бытие-в-наличии (что-бытие) и бытие-в-экзистенции (кто-бытие).

Таким, образом, экзистенция наполняет бытие Dasein личностным содержанием, придавая ему индивидуальный и неповторимый смысл. Это – один из способов существования человека наряду с бытием-в-наличии. Оно связано с полаганием такого сущего как дух человека, т.е. собственно экзистированием. Экзистенция окрашивает и просветляет человеческие феномены, наделяя их субъективным смыслом. Наличное бытие человека – это его тело и предметное окружение (что-бытие). Оно всегда нам дано или мы застаём его в готовом виде.

Экзистенция как уникальный способ бытия и модус присутствия предполагает несколько личностных проекций: обнаружение (открытие, прояснение смысложизненных оснований текущего бытия), вопрошание (обращение человека к миру от своего собственного имени), смыслообразование (производство смыслов возможного существования) и просветление (наполнение присутствия новым личностным смыслом). Экзистенция как вопрошающее кто-бытие (и рефлексирующее себя бытие ктойности) содержит в себе как актуальные, так и нереализованные возможности человеческого сущего.

Вывод: экзистенция по своей сути является опорным пунктом проектирования. Она характеризует возможное самобытие человека как его решимость и настроенность на бытие-в-мире. Это – подлинное, вопрошающее бытие, стремящееся вырваться за пределы своего сущего.

Четвертое. И ещё одна важная особенность феноменологического понимания бытия человека. Хайдеггер не случайно ссылается на Шеллинга, который, говоря о роли интеллигенции, подчеркивал, что бессознательно она продуктивна в мировоззрении, а сознательно – в создании идеального мира. По сути дела, в этом состоит назначение *трансцендентального субъекта*, которому Сартр приписывал анонимное отношение к объекту. Экзистенциальная феноменология выступает как «осознанный способ постигать и объяснять целокупность сущего» из экзистенции [7, с. 7]. А это может сделать только трансцендентальный субъект, поднимающийся на высоту осознания всеобщих начал бытия.

Рассматривая роль трансцендентального субъекта, Хайдеггер сравнивает философию и мировоззрение. «Философия есть теоретико-понятийная интерпретация бытия, его структуры и его возможностей. Она онтологична. Мировоззрение, напротив, есть полагающее познание сущего и полагающая установка по отношению к сущему, оно не онтологично, но онтично. Формирование мировоззрения выпадает из круга задач философии, поскольку философия в принципе соотносится не с сущим» [7, с. 16].

Проектирующему человеку не обязательно быть трансцендентальным субъектом². Его мировоззрение относится к бытию сущего сквозь призму должного (ценностей, идеалов, установок и пр.), а не всеобщего. Кроме того, оно несёт на себе печать просветления экзистенцией. Только **философ, чтобы исполнить свою миссию в мире и быть полезным проектирующему человеку, обязан систематически заниматься «теоретико-понятийной интерпретацией бытия» и постигать всеобщее.**

Мировоззрение проектирующего человека имеет субъективный и объективный аспекты. В объективном плане оно выражает предметно оформленный мир (наличное бытие совокупного сущего), а в субъективном – всеобъемлющее переживание человека, его образ мыслей (субъективное бытие или бытие-для-себя в трактовке Сартра). Мировоззрение, по мнению Хайдеггера, связано с символическим оформлением социокультурного окружения (народ, раса, местоположение, культура). Оно близко по смыслу к менталитету и соотносится со *чтойностью* Dasein. Напротив, конструирование сопряжено со *чтойностью* Dasein.

Ещё раз подчеркну, что феноменология постигает бытие сущего человека не только сквозь призму всеобщего, но и возможного. Причём возможно-сущее в бытии человека раскрывается и оформляется посредством должного и выступает как долженствующе-возможное бытие. В нём оно получает ситуативное значение для субъекта, т.е. его смысл определяется каждый раз отдельно и лишь на определённое время.

Вывод: философ как трансцендентальный субъект осознает себя частью общего дела проектирования. В отличие от обычного человека он по роду своей деятельности близок к трансцендированию.

Пятое. В известном смысле феноменология есть учение о *конструировании* (проектировании) человеческой реальности посредством образования феноменов и производства концептов. Она участвует в формировании возможных миров человека, соединяя между собой сущее и должное, феноменальное и трансцендентальное. И бытие такого долженствующе-возможно-сущего обладает свойствами «забегания вперёд», «бытия-впереди-самого-себя».

Феноменология как учение о феноменах обнаруживает феноменальное поле и смысловую структуру бытия человека, а как концепция конструирования (или проектирования) – задаёт критерии и параметры существования трансцендентального поля. «...Трансцендентальное **Я** есть не Бытие, но Единство, или Ценность» [8, с. 96]. Поэтому образуемое вокруг него поле выходит за рамки индивидуального «Я» и включает «Я» Другого (других), участвующего в проектировании. При этом трансцендентальное поле охватывает «всеобщие условия, определяющие возможность мира для Я...» [8, с. 96]. А это – всеобщие ценности и смыслы, разделяемые определённой группой людей (эпистемным сообществом) и принимаемые нашим «Я» как его собственные ценности и смыслы.

Вывод: философы заняты мысленным конструированием бытия, помещая возможно-сущее в контекст долженствования. Они исследуют условия возможности человека быть не просто сущим, а быть определённым, долженствующим сущим, которое рассматривается ими в экзистенциальном плане.

² Любая классификация - это всегда повод для дискуссий, к плодотворности которых раз от раза приглашает редакция журнала. Наш уважаемый автор предлагает использовать в качестве критерия отнесения индивидов к категориям: *философы, проектирующие и обычные люди* – способность их к трансцендированию. Однако остаётся открытым вопрос о том, как эту способность выявить и идентифицировать. Ведь практически невозможно найти человека, который бы не пытался «философствовать» и делать «вселенские» обобщения, далеко выходя за рамки обыденного. Что же касается проектирующего человека, то создавая новые артефакты и процессы для будущего, он обязательно должен быть трансцендентальным субъектом, уметь находить и видеть то, что ещё не существует, чего ещё нет, но может появиться в результате его деятельности. Это неперемное условие создания нового, а не повторения уже известного. *Прим.ред.*

Метафизическое обоснование проекта бытия человека осуществляется философом посредством экзистирования, просветляющего феноменальное поле, и трансцендирования, удостоверяющего всеобщее (истины, ценности, сущности), которое сконцентрировано в трансцендентальном поле. Теоретически философ, придерживающийся установок экзистенциальной феноменологии, участвует в разработке нескольких субпроектов: экзистенциальный проект, миро-проект, проект со-бытия «Я – Другой», трансперсональный проект.

Итак, экзистенциальная феноменология стремится представить бытие человека как идеальную (возможностную) модель будущего, «очищенную» от предрассудков и заблуждений, т.е. такой, какой она является философу в его трансцендентальном поле, которое, в свою очередь, формируется в «чистом сознании» или «чистых» актах мышления. В остальном же философ целиком и полностью полагается на экзистенциальный опыт проектирующего человека.

4 Экзистенциальная феноменология как методология исследования и проектирования возможного бытия человека

Экзистенциальная феноменология осмысливает человеческое бытие сквозь призму экзистенции субъекта (экзистенциального поля в целом), который соединяет в себе возможности феноменального поля, соотносящегося с сущим человека, и трансцендентального поля, сопряженного с должным. Однако, феноменолог экзистенциальной ориентации начинает построение метафизической части проекта человека с определения содержания и границ экзистенциального поля, приближаясь шаг за шагом к запредельному миру (миру трансцендентного). Пересечение и взаимное наложение этих полей является сферой метафизического проектирования человека. Персональный же проект (самопроект) является личным делом каждого. Вместе же обе части составляют целостный проект бытия человека.

Хайдеггер в одной из своих работ характеризует феноменологию как заголовок для метода онтологии [7, с. 27]. Однако в дальнейшем он переосмысливает это понятие. Вопрос о смысле бытия человека – это вопрос о его понимании, поскольку и сама философия, по М. Хайдеггеру, есть «теоретико-понятийная интерпретация бытия» или «экзистенциальная аналитика бытия». Проект человека – это знание о том, чем «может стать» его бытие (возможность) и чем оно «должно быть» с точки зрения универсалий (долженствование).

В чём же состоит так называемый феноменологический метод? Как известно, этим термином Хайдеггер именуется стратегию выявления и экспликации скрытых сторон бытия, раскрывающую смыслы существования человеческого сущего. Феноменологический подход основан на онтологической дифференциации, т.е. на различении бытия и сущего человека. О сущем человека мы можем судить лишь как о возможности, которая нам дана в определённом контексте: предметы являются сознанию исследователя в модусе их возможного существования, т.е. как феномены. Бытие есть всеобъемлющее, охватывающее все виды сущего – идеальное и реальное, действительное и возможное, эмпирическое и феноменальное.

Суть феноменологического подхода в философии человека заключается в установке на извлечение смысла его бытия как особого (значимого, возможно-мыслимого и долженствующего) сущего, постижение смысловой структуры «жизненного мира» в её непосредственной привязке к реальным вещам и явлениям (эмпирический мир). Как писал Э. Гуссерль: «Между сознанием и реальностью поистине зияет пропасть смысла» [10, с. 11]. И эта пропасть долгое время оставалась неохваченной адекватной методологией

исследования. Гуссерль – не первый мыслитель, обративший внимание на сферу смысла, но он один из тех, кто занялся разработкой метода его исследования.

В трансцендентальной феноменологии Гуссерля, по словам Н.А. Бердяева, познание предполагает идеальное, внечеловеческое бытие. Экзистенциальная же феноменология исходит из принципа, что смысл вещам и явлениям мира придаёт сам человек, который сосредоточен в духе. Ведь дух – это не просто инстанция, в которой бытие сущего открывается сознанию как возможно-мыслимое. В нём заключена, по М. Хайдеггеру, «сознательная решимость к сущности бытия, настроенная на изначальность» [11, с. 130]. Это не «воля к жизни», а сосредоточие разума, усиленного мощью всего совокупного сущего, как такового. Он распределяется далее между двумя полюсами бытия – трансценденцией как бытием объективного духа и экзистенцией как субъективным духом человека. Экзистенция есть момент одухотворения индивидуального бытия человека, а просветление экзистенцией означает актуализацию субъективного духа в сфере деятельности.

Феноменология как метод означает, по Хайдеггеру, «последовательность шагов в подходе к бытию как таковому и разработка его структур» [7, с. 467]. В его основе лежит, как и у Гуссерля, интенциональный анализ, который обнаруживает посредников между миром, с одной стороны, и сознанием субъекта, с другой стороны. Это не реальные вещи и явления, а их образы, назначенные субъектом на время объектами. Следовательно, объектами выступают не сами вещи, как таковые, а то представление о них, которое сложилось в голове субъекта. Они актуализируются лишь в определённой познавательной ситуации.

Вслед за М. Хайдеггером я выделяю три компонента феноменологического подхода как аналитики *Dasein* и метода проектирования. Однако их интерпретация у меня будет несколько иная.

1. **Редукция** предполагает аналитическую процедуру, удостоверяющую онтический фундамент феноменологии бытия человека. Феноменология начинает свой анализ не с бытия, как такового, а с возможно-сущего, бытие которого остаётся пока за его рамками. Он применяется вслед за естественной установкой и обнаруживает своё действие посредством процедуры сомнения. «Что касается естественной установки, то, как мы знаем, она полагает объект существующим независимо от познающего его субъекта... При феноменологической установке сознания восстанавливается неразрывность пары понятий «субъект–объект», но зато объект попадает в полную зависимость от субъекта, оказывается простой составной частью субъекта... Ведь приняв феноменологическую установку, мы имеем дело только с интенциональными объектами...» [1, с. 73-74].

Феномены как мысли-предметы (мыслимые предметы) и интенциональные объекты становятся очевидными в актах феноменологической редукции. «Смысл подобных операций состоит, – по мнению Э. Гуссерля, – в том, чтобы очистить сознание от всех предваряющих истолкований, свойственных сознанию в дорефлексивном состоянии (в «естественной установке сознания»), и выйти на уровень «чистых» феноменов сознания, переживаемых с непосредственной очевидностью. Трансцендентальная установка всегда и непременно предполагает, что, в соответствии с нею, всё, доселе непосредственно сущее для нас, должно приниматься только в качестве феномена, только так, как он в качестве коррелята подлежащей раскрытию конститутивной системы получил и может получить для нас бытийный смысл» [12, с. 68].

Феноменологическая редукция – это движение от наивно схваченного сущего (эмпирического мира) к пониманию феноменального бытия этого сущего и обратное движение к сущему. Или, другими словами, она означает переход сущего, находящегося в его естественном состоянии, к бытию, пребывающему в феноменальном поле как

пространстве возможно-мыслимого, а затем обогащение (преобразование) последнего смыслами трансцендентального субъекта. Это именно ему присуща установка «назад к вещам», их первоначальным свойствам, которые искажаются в сознании людей, приобретая всё новые и новые смысловые оттенки. А значит, невозможно вернуться в прошлое, не изменив его сути и не сделав его на мгновение нашим настоящим. Но можно, если, конечно, очень постараться, приблизиться к первоначальным значениям вербальных высказываний и переживаний, которые имели субъекты в момент осуществления истекшего бытия. Бытие не может себя исчерпать до конца. Оно истекает, истощается, но никогда не заканчивается.

2. *Деконструкция* означает критический демонтаж перешедших к нам понятий на основе собственного видения и понимания жизненного мира. Мы не принимаем на веру существование явлений, выраженных при помощи этих понятий, а полагаемся исключительно на собственный опыт их постижения. Этим методом обнаруживается взаимосвязь экзистенциального и феноменального полей бытия человека, в процессе концептуализации которой наша экзистенция подвергает сомнению незыблемость мирового бытия и ставит под вопрос бытийность какого-либо сущего без нашего участия. Всякое сущее, которое является нашему сознанию, может быть только мыслимым нами сущим и значимым для нас бытием («бытием-для-себя»).

Деконструкция как метод разборки привычного или устоявшегося понимания бытия человеческого сущего заставляет исследователя переосмыслить его значимость как бытия возможно-мыслимого. Мы можем мыслить его иначе и вправе допустить в свою мыслительную лабораторию иномыслие. Ведь «иномыслие – это взаимодействие мышления с самим собой, стирание собственных следов, преодоление собственных намерений» [3, с. 86]. Я могу мыслить это иначе, чем я его мыслил прежде или мыслить по-разному в одно и то же самое время. И я могу полагать возможное (мыслимое нечто), так и невозможное (мыслимое ничто). Но при этом моё «Я» остаётся моим сущим.

3. Ещё один шаг в постижении и преобразовании человеческого бытия – *конструкция*, включая онтологическое различие (сущее и бытие). «Характеристика способа познания, осуществляющегося в онтологии как науке о бытии, что означает – *разработка методических структур онтологически трансцендентального различения*» [7, с. 27]. Это – набрасывание данного наперёд сущего в направлении бытия человека и его структур. Сознание не только относится к вещам как к образам, но и конституирует объекты. Благодаря этому методу осуществляется переход от феноменального поля к трансцендентальному посредством экзистенциального анализа.

Следовательно, феномены человеческого бытия конституируются сознанием и обнаруживаются посредством феноменологической установки, вводящей в рефлексивном акте «чистый» смысл объекта. Он представляет собой идеальную, мыслимую предметность, что и делает его отличным от изначальной вещи или явления. Трансцендентальный субъект, производящий концепты, способен скорректировать (исправлять) любое событие своей прошлой жизни, подгоняя его под новые интерпретации.

Совершенно иначе объект воспринимается в науке. Её картина лишена «каких бы то ни было исправлений со стороны субъекта» [5, с. 75]. Как считал сам Гуссерль, наука имеет дело с очевидностями, т.е. с опытом того сущего, какое оно есть само по себе. Наука предполагает обращённость умственного взора к самому сущему и его сущности [5, с. 64]. Видеть и понимать сущности вещей и явлений – значит выражать точку зрения субъекта, а не их объективное положение.

Очевидности, как и банальности, являются частью эмпирического мира. Однако смысл, постигаемый априори, не бывает банален. Его можно исказить и это будет другой смысл. «С миром соотнесена повседневная деятельная жизнь, с ним же соотносятся все науки: науки

о фактах – непосредственно, априорные – опосредованно, как инструменты метода» [5, с. 71-72].

Мир же как «универсум сущего вообще» относится к области универсалий. Он изображается в экзистенциальной феноменологии как мир мыслимых возможностей человека. Так называемый «объективный мир» заключается в скобки и рассматривается посредством *cogito* (лат. «мыслю», «думаю»), т.е. как значимый и возможно-мыслимый мир. «Мир вообще есть для меня ни что иное, как осознанный в таком *cogito* и значимый для меня мир. Весь свой универсальный и специальный смысл и свою бытийную значимость он получает исключительно из таких *cogitationes*. В них протекает вся моя жизнь в мире, в том числе и моя жизнь как учёного-исследователя и теоретика» [5, с. 77-78].

Итак, с точки зрения феноменологической редукции всякому естественному бытию (эмпирическому миру) предшествует бытие чистого *Эго* и его представления (*cogitationes*). Но проектирование бытия человека невозможно себе представить без других методов феноменологии. За поиск и встраивание недостающих (отсутствующих) элементов бытия отвечает трансцендентное начало проектирования, а за производство новых элементов, ранее неизвестных субъекту, – экзистенциальное начало.

Выводы

- 1) Феноменология рассматривается мной как учение о феноменах человеческого бытия и принципиально новый подход к их исследованию и конструированию. Она отвечает не только на вопрос «что» (учение о феноменах), но и на вопрос «как» (учение о методе), в том числе изучает то, как можно человеку приблизить собственное будущее и сделать его возможным для себя. Но главное, – она позволяет определить бытие человека как пространство его возможностей, которое можно приблизить или осуществить посредством проектирования. Проект бытия (онтологический проект) нельзя построить в одиночку. Он является плодом совместного поиска и общего дела людей, объединенных экзистенциальными смыслами. В нём соединяются сущее, возможное и должное, с одной стороны, а также метафизическая часть, инициируемая философами, и персональная часть, осуществляемая самостоятельно каждым человеком, с другой стороны. Это – «долженствующая возможность бытия человека как особого сущего», а значит то, каким он должен быть и, возможно, станет, если будет неукоснительно следовать принятым им ценностным императивам.
- 2) Экзистенциальная феноменология рассматривается как методология исследования и проектирования возможного в бытии человека. Она исходит из идеи пересечения экзистенциального и трансцендентального полей в процессе проектирования человеческого бытия. В центре внимания представителей экзистенциальной феноменологии находится вопрос о смысле бытия человека. Проект человека – это знание о том, чем «может стать» его бытие (персональная часть проекта) и что «должно быть» с точки зрения универсалий (метафизическая часть) в определённой перспективе. В построении проекта бытия философ, рефлексирующий его метафизические основания, и обычный человек с его повседневными практиками объединяют свои усилия, вступая в диалог и создавая пространство со-бытия, в котором становится возможным их подлинное и свободное существование.
- 3) Предмет проектирования бытия состоит в поиске недостающих и производстве новых элементов для построения будущего. И сделать это можно благодаря высочайшей концентрации духа как изначально присущей и сознательной решимости человека к творению собственного бытия. В проектировании используется, во-первых, метод

феноменологической редукции с его установкой «назад к вещам», которая возвращает субъекта в исходное состояние, изменяя вместе с тем и смысл его бытия. Во-вторых, феноменолог, проектирующий бытие человека, обращается к методу деконструкции, совершая демонтаж системы представлений, сопутствующую бытийствованию в уже свершившемся прошлом. И, в-третьих, никакое проектирование бытия невозможно без метода конструирования, который позволяет произвести «сборку» как недостающих элементов из материала мира, так и совершенно новых элементов, сформированных в ходе экзистирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] *Слинин, Я.А.* Трансцендентальный субъект: феноменологическое исследование / Я.А. Слинин. – СПб.: Наука, 2001. – 526 с.
- [2] *Уайтхед, А.* Избранные работы по философии / Пер. с англ. И.Т. Касавина. – М.: Прогресс, 1990. – 718 с.
- [3] *Эпштейн, М.Н.* Философия возможного / М.Н. Эпштейн. – СПб.: Алетейя, 2001. – 334 с.
- [4] *Сартр, Ж.-П.* Бытие и ничто: Опыт феноменологической онтологии / Пер. с фр. В.И. Колядко. – М.: Республика, 2000. – 639 с.
- [5] *Гуссерль, Э.* Картезианские размышления / Пер. с нем. Д.В. Складнева. – СПб.: Наука, 2001. – 315 с.
- [6] *Можейко, М.А.* Возможные миры // Всемирная энциклопедия. Философия / Глав.ред. и сост. А.А. Грицанов. – М.: АСТ, Мн.: Харвест, 2001. – 1312 с.
- [7] *Хайдеггер, М.* Основные проблемы феноменологии / Пер. с нем. А.Г. Чернякова. – СПб.: Высшая религиозно-философская школа, 2001. – 446 с.
- [8] *Мерло-Понти, М.* Феноменология восприятия / Отв. ред. И.С. Вдовина. – СПб.: «Ювента», «Наука», 1999. – 605 с.
- [9] *Хайдеггер, М.* Бытие и время / Пер. с нем. В.В. Библихина. – М.: AdMarginem, 1997. – 452 с.
- [10] *Гуссерль, Э.* Идеи к чистой феноменологии и феноменологической философии. Т. 1. / Пер. с нем. А.В. Михайлова – М.: Дом интеллектуальной книги, 1999. – 336 с.
- [11] *Хайдеггер, М.* Введение в метафизику / Пер. с нем. Н.О. Гучинской. – СПб.: Высшая религиозно-философская школа, 1997. – 302 с.
- [12] *Смирнова, Н.М.* Социальная феноменология в изучении современного общества. – М.: «Канон+» РООИ «Реабилитация», 2009. – 400 с.

TO A PHENOMENOLOGY OF POSSIBLE HUMAN WORLDS: EXISTENTIAL ONTOLOGY OF DESIGNING

Y.M. Resnick

*Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
reznik-um@mail.ru*

Abstract

Phenomenology justifies the ontological status of the transcendental subject performing "Assembly" human reality of missing elements of existence, project opportunities. Formation of an alternative future of a person who is designing his new existence brings value to the phenomenological approach. Existential phenomenology constitutes a separate methodological programme, which is based on the synthesis of phenomenological and existential approaches. Philosophers are busy with thought-experiments when they are trying to place possibly-existing into the context of ought. They explore the conditions of the possibility of human being not just creation, but a certain ought creation, which is seen in existential terms. The result of the study was the following: for the first time, the author introduces the concept of a "justified the ontological project," which characterizes the ought possibility of being human as a particular being, implemented in the particular circumstances of time and place. In other words, it is the knowledge of what "could become" its genesis and what it "should be" in terms of metaphysical universals in a certain term. A philosopher, reflexing on his metaphysical grounds, and an ordinary man with his everyday activities combine their efforts in

designing of a project of existence by engaging in a dialogue and creating a space for coexistence, in which makes possible their genuine and free existence.

Keywords: *Phenomenology, Existentialism, existence, being human, existence, possible, tribute, ontology design, transcendental subject, project Genesis.*

References

- [1] *Slinin, Ya.A.* Transsental'nyj sub"ekt: fenomenologicheskoe issledovanie [Transcendental subject: a phenomenological study] / Ya.A. Slinin. – St. Petersburg: Nauka, 2001. – 526 p. (In Russian).
 - [2] *Uajtkhed, A.* Izbrannye raboty po filosofii [Selected works on philosophy] / translated from English by I.T. Kasavin. – Moscow: Progress, 1990. – 718 p. (In Russian).
 - [3] *Ehpshtejn, M.N.* Filosofiya vozmoznogo [The philosophy of possible] / M.N. Ehpshtejn. – St. Petersburg: Aleteya, 2001. – 334 p. (In Russian).
 - [4] *Sartre, Jean-Paul* Bytie i nichto: Opyt fenomenologicheskoy ontologii [Being and Nothingness: Experience of phenomenological ontology] / translated from French by V.I. Kolyadko. – Moscow: Respublika, 2000. – 639 p. (In Russian).
 - [5] *Husserl, E.* Kartezianskie razmyshleniya (Cartesian meditations) / translated from German by D.V. Skliadnev. – St. Petersburg: Nauka, 2001. – 315 p. (In Russian).
 - [6] *Mozhejko, M.A.* Vozmozhnye miry [Possible Worlds] // World Encyclopedia. Philosophy / chief editor and compiler A.A. Gritsanov. – Moscow: AST, Minsk.: Harvest, 2001. – 1312 p. (In Russian).
 - [7] *Heidegger, M.* Osnovnye problemy fenomenologii [The main problems of phenomenology] / translated from German by A.G. Chernyakov. – St. Petersburg: Vysshaya religiozno-filosofskaya shkola, 2001. – 446 p. (In Russian).
 - [8] *Merlo-Ponti, M.* Fenomenologiya vospriyatiya [Phenomenology of Perception] / ed. I.S. Vdovina. – St. Petersburg: «Yiventa», «Nauka», 1999. – 605 p. (In Russian).
 - [9] *Heidegger, M.* Bytie i vremya [Being and time] / translated from German by V.V. Bibihin. – M.: ADMARGINEM, 1997. – 452 p. (In Russian).
 - [10] *Husserl, E.* Idei k chistoj fenomenologii i fenomenologicheskoy filosofii [Ideas to pure phenomenology and phenomenological philosophy]. Vol. 1. / translated from German by A.V. Mikhailov – Moscow: Dom intellektual'noj knigi, 1999. – 336 p. (In Russian).
 - [11] *Heidegger, M.* Vvedenie v metafiziku [Introduction to Metaphysics] / translated from German by N.O. Goochinskaya. – St. Petersburg: Vysshaya religiozno-filosofskaya shkola, 1997. – 302 p. (In Russian).
 - [12] *Smirnova, N.M.* Sotsial'naya fenomenologiya v izuchenii sovremennogo obshhestva [Social phenomenology in the study of modern society]. – Moscow: “Kanon+” ROOI “Reabilitatsiya”, 2009. – 400 p. (In Russian).
-

Сведения об авторе



Ре́зник Юрий Михайлович, 1959 г. рождения. Окончил Философский факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова в 1987 г., д.филос.н. (1998). Главный научный сотрудник Института философии РАН, заведующий кафедрой философии РАНХиГС, шеф-редактор журнала «Личность. Культура. Общество». Сфера научных интересов: философия человека и философская антропология; социальная философия и социальная теория; теория личности. Адрес персонального сайта: <http://reznik-um.ru/>

Yuriy Mikhajlovich Reznik, born 1959. Graduated the Philosophical faculty of the Moscow State University named after M.V. Lomonosov in 1987, Philosophiae Doctor (1998). Chief research worker at the Philosophy institute of RAS, head of the philosophy department at Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, editor in chief of the “Personality. Culture. Society” scientific journal. Research interests: Human philosophy and philosophical anthropology; Social Philosophy and Social Theory; personality theory. Personal webpage: <http://reznik-um.ru/>

ФИЛОСОФСКИЙ ДИАЛОГ ОБ ИМЕНАХ: ПЛАТОН, СУМАРОКОВ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Ю.В. Сложеникина¹, А.В. Растягаев²

¹Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия
goldword@mai.ru

²Московский городской педагогический университет (Самарский филиал), г. Самара, Россия
avr67@yandex.ru

Аннотация

В исследовании, которое представляет статья, предложен диахронический подход к интерпретации имен. «Сильной» позицией становится статья А.П. Сумарокова «О коренных словах русского языка», опубликованная в февральском номере журнала «Трудолюбивая пчела» (1759 г.). Выдвигается гипотеза, что рассуждения русского писателя XVIII в. инициированы диалогом древнегреческого философа Платона «Кратил». Обе работы – это попытка создания космогонического мифа: мир покоится на правильно созданных именах; имена учат; кто знает имена, тот знает и вещи. Статья Сумарокова содержит большое количество авторских этимологий, позволяющих дать некоторую научную оценку опыту этимологического анализа. Сумароков видит огромную роль писателя в сохранении языка и формировании языкового вкуса. С точки зрения современного терминоведения, предлагается взгляд на соотношение языка и мышления, роли мышления в образовании терминов. Авторы полагают, что, в конечном итоге, это позволит найти основы для формализации представления и дальнейшей трансляции знаний, необходимых в онтологическом моделировании, в том числе, и для онтологии проектирования.

Ключевые слова: Сумароков, Платон, «Трудолюбивая пчела», имя, термин, русский язык, мышление, этимология.

Введение

Журнал «Трудолюбивая пчела» издавался А.П. Сумароковым ежемесячно в течение 1759 года. В 1780 г., через три года после смерти писателя, было предпринято «второе тиснение». В XVIII веке журнал - это издание «долговременного активного пользования», которое было предназначено «для нескольких поколений читателей» [1, с. 84]. Долгую жизнь сумароковскому детищу обеспечило именно «второе тиснение» - точная копия «Трудолюбивой пчелы» 1759 г.: номер к номеру с единой пагинацией, но уже под одной обложкой. В таком виде журнал хранился в книжных шкафах и родовитых дворян конца XVIII века, и «дворянских гнезд» 40-60-х гг. XIX столетия, и оскудевших «мелкопоместных» начала «железного» XX века. Волею судеб фолиант в 767 страниц стал материальным воплощением родовой памяти, книгой, объединившей несколько поколений одного рода и ставшей частью русской культуры.

«Трудолюбивая пчела», по замыслу издателя и редактора, должна была стать принципиально новым для XVIII века типом издания. На страницах журнала предполагался диалог родового и индивидуального, сословного и национального. Из номера в номер создавалось специфическое метатекстовое единство, утверждавшее особую философию жизни, которая опиралась на «тысячелетние мифы и гностические традиции» [2, с. 206].

Страницы «Трудолюбивой пчелы» стали своего рода коммуникативной площадкой, позволившей вести беседу с предшественниками, современниками и потомками. Статья Сума-

рокова «О коренных словах русского языка» была опубликована в февральском номере журнала [3, с. 91-101]. С одной стороны, она представляет собой косвенный диалог с античными авторами, философствующими над проблемой происхождения имен, с другой – выходит за пределы теории именования и манифестирует авторскую позицию по поводу происхождения русского народа и его языка.

1 Диалог Платона «Кратил»

В платоновском диалоге «Кратил» возникает спор между Гермогеном и Кратилом. Гермоген придерживается мнения об условности всех наименований человеческого языка, их зависимости от обычая и закона; Кратил - об их естественности и полном соответствии природе вещей. Сократ, пытаясь разобраться в этом вопросе, предлагает третью – примирительную – точку зрения. Считается, что устами Сократа говорит его ученик Платон.

Кратил полагает естественное происхождение всех языков: и эллинского, и варварских - всеобщим. Гермоген как контрдовод приводит возможность переименования, отчего новое имя не перестаёт быть правильным. Сократ считает, что сами вещи имеют некую собственную устойчивую сущность независимо от людей и их воображения. Поэтому давать имена нужно в соответствии с природой вещей, а не так, как людям заблагорассудится. Законодатель имён, убеждает Сократ, должен уметь воплощать в звуках и слогах имя, назначенное от природы [4, с. 613, 614, 618]. При этом не каждому человеку дано право присваивать имена вещам – это особые люди, законодатели, творцы имен, как называет их Платон. Словотворчество – не дело людей неискusstных или случайных, поэтому этот вид мастерства редко встречается среди людей [4, с. 620-621].

Звуковой облик слова может различаться: не важно, говорит Сократ, если какая-то буква прибавится или отнимется, пока остаётся нетронутой сущность вещи. Главное, чтобы в результате словопроизводства не нарушалась идея вещи. Как рассуждает Сократ, от царя должен родиться царь, от доброго – доброе, от славного - славное [4, с. 625, 626].

Эмпирическая база диалога насыщена самыми разнообразными этимологиями. Например, слово *демон* мотивируется следующим образом: *демоны* были разумны, и всё было им ведомо, за что их и называли *ведемонами*. С течением времени облик слова несколько изменился, что, однако, не изменило его сути. Имя *человек*, по Сократу, означает, что только он, в отличие от животных, смотря на что-либо, «улавливает очами». Поэтому-то он как бы *очеловец* того, что видит¹. Причина затемнённости исходной мотивировки, по Сократу - глубочайшая древность первых имён. Ко времени рассуждения античного автора греческий язык пережил всевозможные изменения и ничем не отличался от варварских диалектов [4, с. 630-632].

Философ считает, что необходимо добраться до простейших слов, которые никакими другими не мотивированы, – тогда можно будет обнаружить простейшую частицу смысла. Исследователь языка должен обязательно открыть правильность первых имён, иначе он не сможет понять значения позднейших слов, так как они выражаются через первичные смыслы.

Различителями смыслов, по Сократу, являются звуки. В их артикуляции и слуховом восприятии заложена возможность подражания сути вещи. Сократ приводит примеры: законодатель видел сильнейшие сотрясения языка при произнесении звука «р», поэтому такие глаголы, как *ударять, крушить, рвать, рыть, дробить, вертеть* включают этот порывистый

¹ Версий происхождения слова «человек» достаточно много в литературе. Адаптированный и искусный перевод диалога Гермогена и Сократа в «Кратиле» Платона прекрасная иллюстрация языковых возможностей передачи смысла и содержания с опорой на «формы», знаки и образы. *Прим.ред.*

звук и очень выразительны. Буква йота (звук «j») передаёт всё тонкое и называет подобающие вещи. Буква ламбда (звук «л») даёт имена всему гладкому, скользящему, лоснящемуся, смолисту [4, с. 664-665].

Этимологии автора охватывают несколько семантических полей: названия богов, героев, человека; космоса; времён года; явлений природы; понятия прекрасного, доброго, разных качеств существующего, искусства, мудрости [4, с. 643-650].

Сократ спрашивает у Кратила, какое значение имеют для нас имена и какую функцию они выполняют? Ответ Кратила является квинтэссенцией всего философского трактата: имена учат, кто знает имена, тот знает и вещи. Постижение макрокосма, человека и микрокосма возможно только через слово – и это истина [4, с. 675].

Таким образом, диалог Платона «Кратил», рассмотренный с точки зрения космогонического мифа, даёт возможность сформулировать следующий вывод: словотворчество – это созидательная деятельность, подобная любому другому мастерству, а слово – это орудие познания мира и человека. Очевидно, что на творцах имен лежит особая ответственность, ибо неверно созданное слово, во-первых, разрушит гармонию, установленную Богами первичным актом именования, а во-вторых, не позволит человеку заниматься наукой, литературой, постигать окружающий его мир, поскольку не установит правильной связи между вещью и именем.

2 Статья А.П. Сумарокова «О коренных словах русского языка»

XVIII век в России рассматривают как период реабилитации античных авторов. Отечественные просветители усваивали и творчески трансформировали древнегреческие теории языка и стиля. До Сумарокова на российской почве вопрос о происхождении имен публично не обсуждался. Он сетует: «Чем доле мы того не начинаем, тем больше переменою речений стези испытания происхождения нашего языка заглаживаются» [3, с. 92]. В самом тексте сумароковской статьи нет ни одного указания на диалог с античной традицией, однако идейное содержание, сходство примеров указывают на работу, ставшую импульсом сюжетного развёртывания для писателя XVIII века. Это диалог Платона «Кратил». Обращение автора к первым теориям объяснения мироустройства позволяет рассматривать статью Сумарокова «О коренных словах русского языка» как попытку создания космогонического мифа, трансформированного русской культурной ситуацией середины XVIII века и просветительской направленностью журнала.

Нельзя сказать, что сумароковская статья «О коренных словах русского языка» посвящена только проблеме происхождения имён. Но писатель не может обойти её стороной, поскольку рассуждения о корнях напрямую связаны с происхождением языка, его мотивированностью, близостью к истокам и другим языкам. Тезис Сумарокова: наличие коренных слов в русском языке указывает на древность его происхождения. Исконные слова оставляют языку «естественную красоту и великолепие» [3, с. 91]. Он указывает, что «...народы, составляющие себе язык, являют словами начертание естества, и с мыслию и чувствием сходство произношения» [3, с. 91]. Сумароков следует за Платоном: «Гордая вещь получает гордое имя. Нежная, нежное имя, и пр... Дождь, точный шум раздробленно лиющихся из воздуха вод. Журчание, потоки мелких струй» [3, с. 91-92].

Сумароков видит огромную роль писателя в сохранении языка, в формировании общественного вкуса и языковых предпочтений. Искусный писатель призван истреблять искры, могущие «погубить весь наш язык» [3, с. 96]. Беспольными к будущему употреблению потомками Сумароков считает чужестранные синонимы к тому, «чему у нас есть точные свои названия», производные слова с «непристойными» предлогами и окончаниями, изменёнными

ударениями, сложенные не по естественным словообразовательным моделям или наделённые несвойственной семантикой [3, с. 96].

Сумароков, в отличие от первых двух русских профессоров, Третьяковского и Ломоносова, не имел возможности академической практики и публикаций. Поэтому «Трудолюбивая пчела» стала своего рода манифестом, где им были заявлены программные положения в области русского языка: возвращение к первоисточкам, уважение к самобытности и древности языка, истребление заимствований, не обусловленных общественной пользой. Сумароков понимал необходимость обновления языка, однако предостерегал от смешения с иностранными словами, чуждого русскому языку словопроизводства.

Главенствующую роль в развитии и исправлении языка Сумароков отводил стихотворцам и риторам. Он приветствовал Французскую Академию, возможно, находя параллели с собственной журнально-просветительской деятельностью. Дело в том, что и Французская Академия (1625 г.), и «Трудолюбивая пчела» (1759 г.) были созданы как частные проекты. Однако во Франции в 1635 г. благодаря кардиналу Ришелье академическое собрание было принято под покровительство короля и получило денежные средства. Известно, что при правящей императрице Елизавете Петровне журнал «Трудолюбивая пчела» посвящался опальной Екатерине Алексеевне. В последних строках стихотворного посвящения Сумароков прямо пишет [3, с. 3]:

Возвысь сей низкий труд примерами ЕЯ,
И покровительством, Минерва, будь моя!

Французская Академия была создана для очищения и утверждения языка, разъяснения его трудностей, поддержания его характера и начал в неприкосновенности. Академия насчитывала сорок членов, выборы которых представлялись на утверждение короля. Избрание в Академию являлось пожизненным, поэтому академиком называли «бессмертными». Столь высокий статус академиком, конечно, выводил радение о чистоте родного языка на совершенно иной уровень, сакрализовывал труд ревнителей языка. Сумароков пишет: «... а притом по времени такое же как у французов учредится для исправления и распространения языка собрание, счастливы будут писатели потомков наших» [3, с. 97].

Большую часть статьи Сумароков, как и Платон, воодушевлённо предаётся этимологическим изысканиям. Писателю XVIII века можно предъявить тот же упрёк, что и античному автору: многочисленность языковых примеров, подобранных случайно и не образующих строгой системы доказательств. Не имея научных методов сопоставлений, Сумароков, как и Платон, пытается компенсировать отсутствие качественного этимологического анализа количеством языковых примеров, видимо, демонстрируя тем самым всеобщность своих теоретических предположений. В качестве извинения он указывает, что не имеет достаточного времени и хочет лишь подать или умножить охоту этимологов к последующим изысканиям [3, с. 92]. Тем не менее, сумароковские этимологии заслуживают внимания и научной интерпретации.

Сумароков предлагает к рассмотрению, в современной терминологии, словообразовательные гнёзда. Семантически первые примеры связаны с речью, словом, голосом. Иллюстрации начинаются гнездом с вершиной *Весть*. В него включаются производные *Ведомость*, *Вещать*. Увидев диерезу (выкидку звука для облегчения произношения) и оглушение на конце слова, филолог пишет: «Из Обвед, сделано Обет. Из Обвещание сделано Обещание» [3, с. 97].

Гнездо с вершиной *Ой* объединено Сумароковым, как кажется, под влиянием платоновской идеи о возможности произвольных звуко-буквенных замен, лишь бы только в слове сохранялась первоидея слова. Сумарокову представляется, что со стоном *-ой* связаны тягостные ощущения. Добавляемые к слову буквы образуют новые значения: звук «б», подобный

удару топора, образует слово *бой*; превращение «б» в «в» Сумароков видит в слове *война*. Ощущения, выраженные стоном *ой*, по Сумарокову, как мельчайшая частица смысла лежат в основе слов *боль, болезнь, вой* [3, с. 97-98].

Весьма сходна с платоновской идеей человека, который очами улавливает всё зримое, сумароковская этимология слова *око*. Эта сема² заложена в оценках того, что видит человек: *Выс-око, Глуб-око*.

Сумароков считает, что «русский язык произошел от скифского» [3, с. 92]. А скифский язык представляется писателю близко стоящим к началу известных языков. Он утверждает, что русский язык единоутробен с немецким, что видно «по сходству великого числа слов и корня их» [3, с. 93]. Общность происхождения, по Сумарокову, позволяет ему образовывать этимологические гнёзда из слов разных языков. Конечно, с точки зрения достижений современной этимологии, слова, объединённые Сумароковым в одно гнездо, восходят к разным индоевропейским корням. Однако думается, что для писателя язык являлся прежде всего носителем смысла, «первоначальных слов». Обилие примеров для сочинителя есть доказательство высоких словообразовательных возможностей русского языка. «На что нам чужие слова вводить, когда мы по естеству и по примеру предков наших, своих из первоначальных слов довольно произвести можем?» - вопрошает автор. Писательское языковое чутье позволяет Сумарокову сопоставлять слова семантически близкие, образуя величественные древа. Ветви этих деревьев, кажется ему, идут от общего корня: «Русский и немецкий языки происходят безо всякого сомнения от языка скифского» [3, с. 99-100].

Как и Платон, Сумароков наделяет смыслом не только слова, но и буквы. Например, он считает, что графема Н означает отрицание. Поэтому возможна мотивировка слова *ночь* производящим *очи*: «*Ночь и Ношь*, по сопряжении слова *Очи* с литерою Н: знаменует Нет Очей, в рассуждении Тьмы» [3, с. 99].

Сумароков пытается дать примеры из тех же семантических полей, что и Платон. Этимология слова *человек* представляется Сумарокову как словосложение *Чело и Век*. Слова *Дух* и *Душа* человека мотивированы глаголом *дуть*, изображающим естественное дыхание. К этому же этимологическому гнезду исследователь относит лексемы *Воздух, Отдохновение*. Используя межъязыковые совпадения, он объясняет название северного ветра *Борей*. Исходное слово *Бур* было мотивировано, по Сумарокову, суровостью его произношения. Этот признак лёг и в основу названия конской шерсти. От слова *Бур* происходит скифское название снега *Бурун*, и применительно к другой непогоде – *Буря*. Эти слова мотивируют наименование сурового, быстрого и холодного полночного ветра *Борей*, совместившего все три первоначальных ощущения. А для жителей благоразговоренной Греции, пишет Сумароков, холодный ветер, дувший от неких народов, стал мотивацией их этнического обозначения [3, с. 100]. Очевидно, речь идёт о Гиперборее – в древнегреческой и наследующих мифологиях, это легендарная северная страна, место обитания блаженного народа гипербореев.

3 Язык как порядок и гармония

Не считая себя специалистом в вопросах этимологии, оставляя пространство этимологических разысканий другим учёным, в февральской статье Сумароков выступает толкователем некоторого числа корневых лексем русского языка. Предпринятое рассуждение, как кажется, вполне возможно признать экзегетикой (от греч. *ἔγχεσις* - толкование, объяснение). Если предшествующая экзегетика Средневековья и Нового времени являлась разделом богословия и занималась истолкованием смысла Священного Писания, то комментарии Сумаро-

² *Сема* — минимальная, предельная, далее не членимая составная часть лексического значения (семемы).

кова должны объяснить читателям «Трудолюбивой пчелы» новый дискурс, создаваемый писателями-просветителями под обложкой светского журнала.

Так каково послание автора XVIII столетия современникам и потомкам? В основании «благорастворенного» мира лежат порядок и гармония. Фундаментом порядка является в большой степени язык: чем древнее язык, тем крепче фундамент нации. Сумароков берёт за образец этимологии Платона. И для древнегреческого, и для русского автора эти упражнения не были научными штудиями, а были попыткой собственной космогонии, сотворения нового мифа. В античности «реальный мир, мир микрокосма, считался только “подобием”, “подражанием”, чувственным “образом” подлинного макрокосма, потустороннего мира, который постигался умозрением» [5, с. 238].

По мысли А.Ф. Лосева «псевдонаучная лингвистика и была одной из причин крайне малой популярности диалога» Платона, поскольку «широкой публике все эти бесконечные этимологии совершенно не нужны... что же касается учёных-лингвистов, то и те часто разводят руками и не знают, что делать, когда начинают читать в диалоге все эти фантастические толкования огромного количества имён и слов» [6, с. 826]. Однако у отечественных писателей XVIII века, в том числе у Сумарокова, псевдофилологические работы имели идеологический, патриотический характер. Их задача - обосновать претензии русской нации и русского языка на древность, величие и равноправие не только с современными языками, но и с древними, сакральными. По Сумарокову, русский язык благодаря обилию коренных слов прямо указывает на древность русского народа. Отход от корней, засорение языка варварскими словами может привести в итоге к крушению цивилизации. Наоборот, исконное словообразование, развитие языка за счёт его внутренних возможностей – путь к укреплению национального самосознания.

4 Термин - граница между миром наивным и миром научным

Мысль Платона: кто знает имена, тот знает и вещи, - обрела доказательства вместе с формированием научного мышления и самой науки. Именно в античности появилось и само слово «термин», происходящее от латинского корня *-ter-*: «перешагивать, достигать цели, которая по ту сторону». Специальное понятие метафоризировалось от вещного значения: «пограничный столб, пограничный камень, пограничный знак вообще». Собственно философское понимание термина восходит к ученику Платона - Аристотелю: термином он называл подлежащее и сказуемое суждения – логический субъект и логический предикат. Подробная история терминологических соглашений рассмотрена в статье Н.М. Боргеста [7, с. 10-13].

Источником возникновения терминов можно считать противоречие между наличными средствами языка и потребностью человека выразить новую мысль, возникшую в процессе познания или общения. В аспекте взаимосвязи языка и мышления учёными признаётся возможность различной категоризации действительности. Результаты мыслительной деятельности индивидов закрепляются в языке в двух видах:

- как знания, отражающие наиболее общие явления, отношения, закономерности, находящие выражение в общеязыковых значениях и так называемой наивной картине мира;
- как различного рода более частные сведения, связанные с научным познанием, то есть вторичным осмыслением действительности, производным от системы общеязыковых значений.

Приведём некоторые примеры семантической трансформации общелитературной лексики в процессе её терминологизации. *Truncus* – в греч. – «ствол дерева, обрубок», в медицин-

ской терминологии – «туловище». *Bacterium* – в греч. «палка, посох, судейский жезл». *Coccus* – в греч. «косточка плода, зерно», в терминологии – «кокк, шарообразная бактерия».

Термин – всегда результат научной познавательной-мыслительной деятельности индивида (группы индивидов). Представления о предметах (явлениях), характерные для среднего интеллигентного носителя языка³, основаны чаще всего на донаучных понятиях, а наивное понятие может существенно отличаться от научного. Например, *голубой* как научное понятие – «цветовое ощущение, возбуждаемое светом при длине волн 480 нм», как наивное, обыденное – «цвет ясного неба, светло-синий».

Осмысление картины мира и её означивание происходит как постоянное взаимодействие обыденного (наивного) и рационального типов мышления. Рациональное мышление характеризуется критериями точности, эквивалентности, логичности, тогда как наивное – метафоричностью и открытостью. Субъективность человеческого опыта, непосредственное влияние обыденного восприятия мира лежит в основе многих терминосистем. Так, например, исконная судовая терминология обнаруживает большое количество обозначений с прозрачной внутренней формой; среди активных моделей терминообразования можно выделить процесс именованного водного средства передвижения по материалу изготовления: лодка *осиновка*, *дубок*, *берестянка*, *сосновка*, *березовка*; по способу соединения досок у водоходных судов – лодки *вичанки* (от вич – «можжевельный прут»), *гвозденик*.

Глубина проникновения в сущность отражаемых предметов особенно наглядно видна при анализе сравнительно молодых терминообластей, например авиационной, зарождение которой произошло в конце XIX в., а период интенсивного формирования пришелся на промежуток между двумя мировыми войнами. Совершенствующаяся авиационная терминология первоначально отражала наивный тип мышления, выразившийся в преобладании метафорических наименований. Результатом речемыслительной деятельности первых авиастроителей, отражающей работу человеческого сознания, стали специальные наименования типа *тело аэроплана*, *гондола*, *туловище аэроплана*, *средняя ферма аэроплана*, *остов*, *каркас* – для обозначения фюзеляжа; *крыльчатая машина*, *летучая барка*, *аэро-каjeta*, *колокрыл*, *воздухоплав* – для самолёта.

Многие обозначения, опирающиеся на непосредственный чувственный опыт индивида, закрепились в качестве нормативных терминов. Так, лексема *геликоптер* пришла в русский язык из французского, в котором называла летательный аппарат, поднимающийся в воздух при помощи винта. Поэтому уместной в русском языке была бы калька *винтолёт*. Однако в узуальное употребление вошло слово *вертолёт*, менее мотивированное, зато связанное с глубинными механизмами человеческого восприятия и мышления русского человека. Современные подходы к разработке семантических основ информационных систем для проектирования и производства авиационной техники прорабатываются Д.В. Шустовой [8, с.70-84].

Можно установить кроме прямой и обратную зависимость: выполняя эвристическую функцию, сами термины становятся источниками нового знания. Операции над элементами знаковых систем могут приводить к открытиям и фактам, не содержащимся в исходном материале, выраженном знаками. Так называемые «открытия на кончике пера» становятся возможными не только в результате познания объективной действительности, но и вследствие того, что закономерности были выражены средствами знаковых систем. Другими словами,

³ Онтология базируется на классификации сущностей, объектов, субъектов, предметов, процессов, отношений... При этом всегда важной частью онтологического анализа являются критерии такой классификации. Сократ, выделяя или отделяя человека от животного, выбрал для себя «очевидный» критерий (см. раздел 1 статьи). Применение же «научных» и «наивных» понятий, скорее всего, следует отнести не к уровню «интеллигентности носителя языка», а к той ситуации и к той коммуникативной среде, в которой происходит диалог или трансляция знаний. *Прим.ред.*

помимо функции выражения знаний, термин обладает и конструктивной функцией, способствует рождению новых идей.

Заключение

Предпосылки проектирования терминосистем вполне можно отыскать у античных авторов, в частности у Платона. Его труд «Кратил» обозначил вектор проникновения в смысл слова, поиск мельчайших единиц смысла, возникновения нового значения как комбинации первичных смыслов. Сумароков творчески осмыслил идеи Платона, связал упорядоченность и развитие языка с порядком и гармонией мира человека.

И Платон, и Сумароков отводили ведущую роль в развитии языка особо образованным людям, творцам имён. На современном этапе развития науки такая роль отводится терминоведом, учёным разных областей. Задача исследователя - отталкиваясь от бытовых представлений, наивного мышления, сконцентрировать в дефиниции термина научную картину мира, что, в конечном итоге, позволит найти основы для формализации представления и дальнейшей трансляции знаний, необходимых в онтологическом моделировании, в том числе, и для онтологии проектирования.

Список источников

- [1] *Рак, В.Д.* Статьи о литературе XVIII века / В.Д. Рак. - СПб.: Пушкинский Дом, 2008. - 640 с.
- [2] *Сахаров, В.И.* Иероглифы вольных каменщиков. Масонство и русская литература XVIII-XIX века / В.И. Сахаров. - М.: Жираф, 2000. - 216 с.
- [3] Трудолюбивая пчела. - СПб: [Тип. Акад. наук], 1759. - 767 с.
- [4] *Платон.* Кратил / Платон // Платон. Собрание сочинений: В 4-х т. - М.: Мысль, 1990. - Т. 1. - С. 613-681.
- [5] *Фрейденберг, О.М.* Миф и литература древности / О.М. Фрейденберг. - М.: Изд. фирма «Восточная литература» РАН, 1998. - 800 с.
- [6] *Лосев, А.Ф.* Кратил. Формы субъективно-человеческого функционирования объективно-реальной идеи - вещь, идея, тип-образец, имя / А.Ф. Лосев // Платон. Собрание сочинений: В 4-х т. - М.: Мысль, 1990. - Т.1. - С. 826-835.
- [7] *Боргест, Н.М.* Ключевые термины онтологии проектирования: обзор, анализ, обобщение / Н.М. Боргест // Онтология проектирования - 2013. - №3(9). - С. 9-31.
- [8] *Шустова, Д.В.* Подход к разработке семантических основ информационных систем для проектирования и производства авиационной техники / Д.В. Шустова // Онтология проектирования. - 2015. - №1(15). - С. 70-84.

PHILOSOPHICAL DIALOGUE ABOUT THE NAME OF PLATO, SUMAROKOV AND CURRENT STATE OF PROBLEM

Yu.V. Slozhenikina¹, A.V. Rastyagaev²

¹*Samara State Technical University, Samara, Russia*

goldword@mai.ru

²*Moscow City Pedagogical University, Samara brunch, Russia*

avr67@yandex.ru

Abstract

The paper proposes a diachronic approach to the interpretation of names. The articles “About Cognate Words of the Russian Language” by Sumarokov which was published in the journal “Trudolyubivaya Pchela” [“Hard-working bee”] (February, 1759) is analysed in the investigation. A hypothesis is made that the reasoning of the XVIII-century Russian writer were initiated by the dialogue of Ancient Greek philosopher Plato “Kratil”. Both handiworks are a try to create a

cosmogonic world: the world is placed on the correctly created names. The names teach. Who knows names, also knows things. Sumarokov is sure that the existence of cognate words in the Russian Language indicates the antiquity of its origin. He supposes that the Russian Language originated from Scythian. Sumarokov's article contains the big quantity of author's etymologies. The purpose of Sumarokov's article is to prove the claim of the Russian nation and the Russian Language on antiquity, greatness and equality with ancient and modern languages. Sumarokov realizes the writer's great role in the preservation of language and the formation of language taste. From the point of view of terminology of contemporary, it offered a look at the relation of language and thought, the role of thinking in the terms formation. The authors believe that, ultimately, it is possible to find a basis for further formalization of the presentation and translation of knowledge required in the ontological modeling, including, for онтологий of designing.

Key words: Sumarokov; Plato; "Hard-working bee"; name; term; Russian language; thinking; etymology.

References

- [1] **Rak, V.D.** Stat'i o literature XVIII veka [Articles about Literature of the XVIII century] / V.D. Rak. - Sankt-Peterburg: Pushkinskiy Dom, 2008. - 640 p.
- [2] **Saharov, V.I.** Ieroglifiy volnyih kamenschikov. Masonstvo i russkaya literatura XVIII-XIX veka [Ieroglyphs of Free Masons. Freemasonry and Russian Literature of XVIII-XIX century] / V.I. Saharov. - Moscow: Zhiraf, 2000. - 216 p.
- [3] Trudolyubivaya pchela [Hard-working bee]. - Sankt-Peterburg: [Tip. Akad. nauk], 1759. - 767 p.
- [4] **Plato.** Kratil / Plato // Plato. Sobranie sochineniy [Collected Works]. - Moscow: Myisl, 1990. - Vol. 1. - P. 613-681.
- [5] **Freydenberg, O.M.** Mif i literatura drevnosti [Myth and Literature of Antiquity] / O.M. Freydenberg. - Moscow: "Vostochnaya literature" RAN, 1998. - 800 p.
- [6] **Losev, A.F.** Kratil. Formyi sub'ektivno-chelovecheskogo funktsionirovaniya ob'ektivno-realnoy idei vesch, ideya, tip-obrazets, imya [Kratil. Forms of the Subjectively-human Functioning of the Objectively-real Idea are a Thing, Idea, Type-standard, Name] / A.F. Losev // Plato. Sobranie sochineniy. - Moscow: Myisl, 1990. - Vol. 1. - P. 826-835.
- [7] **Borgest, N.M.** Klyuchevye terminy ontologii proektirovaniya: obzor, analiz, obobshchenie [Key terms of the ontology design: review, analysis, synthesis] / N.M. Borgest // Ontologiya proektirovaniya. - 2013. - №3(9). - P. 9-31.
- [8] **Shustova, D.V.** Podhod k razrabotke semanticheskikh osnov informacionnykh sistem dlya proektirovaniya i proizvodstva aviacionnoj tekhniki [The approach to the development of the semantic foundations of information systems for the design and manufacture of aviation equipment] / D.V. Shustova // Ontologiya proektirovaniya. - 2015. - №1(15). - P. 70-84.

Сведения об авторах



Сложеникина Юлия Владимировна, 1971 г. рождения. Окончила Самарский государственный педагогический университет в 1993 г., д.ф.н. (2006). Профессор кафедры «Психология и педагогика» Самарского государственного технического университета. В списке научных трудов более 100 работ в области филологии, терминоведения.

Slozhenikina Yulia Vladimirovna (b. 1971) graduated from the Samara State Teachers' Training University in 1993, Full D (2006). She is a Professor at Samara State Technical University. She is a co-author of more than 100 scientific articles and abstracts in the field of philology, science of terminology.



Растягаев Андрей Викторович, 1967 г. рождения. Окончил Самарский государственный университет в 1993 г., д.ф.н. (2009). Профессор кафедры филологии и массовых коммуникаций Московского городского педагогического университета (Самарский филиал). В списке научных трудов более 110 работ в области филологии, литературоведения.

Rastyagaev Andrey Victorovich (b. 1967) graduated from the Samara State University in 1993, Full D (2009). He is a Professor at Moscow City Pedagogical University (Samara brunch). He is a co-author of more than 110 scientific articles and abstracts in the field of philology, literary criticisms.

ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ РУССКОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ

С.В. Микони

*Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН, Санкт-Петербург, Россия
smikoni@mail.ru*

Аннотация

Работа посвящена анализу состояния современной русской терминологии. Излагаются правила терминотворчества. Сопоставляются шкалы смыслов и наименований разных народов. Анализируются исторические и современные причины неумеренного заимствования иностранных слов. Приводятся примеры англо-русской бессмыслицы. Рассматривается различие в выражении мыслей на русском и английском языках. Обсуждается проблема понимания текста. Указывается большая роль слов национального происхождения в понимании текстов. Приводятся примеры анализа понятий, имеющих отношение к тематике журнала. Для улучшения состояния отечественной терминологии предлагается разрабатывать научно-обоснованные терминологические стандарты и программные средства, оценивающие научные работы на предмет избыточности иностранных слов.

Ключевые слова: национальный язык, терминология, система понятий, родовое, видовое понятие, образ, понимание, онтология, проектирование.

Введение

Любой проект начинается с формулирования цели на естественном языке и заканчивается написанием сопроводительной документации также на естественном языке, ибо и создателем, и потребителем проекта является человек. И создатели, и потребители проекта должны понимать друг друга, и здесь огромную роль играет понятный для обеих сторон естественный язык. Он и кладётся в основу системы понятий предметной области (ПрО) на начальном этапе проектирования. Именно *системы*, поскольку нас интересуют не только сами понятия, но и связи между ними. В модели ПрО первичны связи, отражающие отношения «общее-частное» и «целое-часть». Эти отношения описываются соответствующими теоретико-множественными моделями [1].

За последние годы произошло два мощных вброса англоязычной терминологии в русский язык. Первый вброс в русский язык англоязычной терминологии в области информатики произошёл в конце XX-го века в связи с её бурным развитием в передовых странах. Многие новые понятия получили англоязычные имена, переведённые в русскую транскрипцию (файл, бит, байт и т.д.). Часть новых терминов получили русские эквиваленты, например, decision supported system (DSS) – система поддержки принятия решений (СППР) [2].

Вброс англоязычной терминологии в области экономики произошёл на рубеже веков в связи с возникновением в России рыночной экономики. Появились такие англо-русские и русско-английские гибриды как «менеджмент качества», «строй маркет» и пр. Управление качеством – не новое понятие. Оно активно развивалось, начиная с пятилетки качества в 70-е годы прошлого века. В качестве образцов использовались американские стандарты MIL STD¹. Но тогда находили подходящие русские эквиваленты, такие как управление качеством

¹ United States Military Standard, MIL-STD, MIL-SPEC - система стандартов министерства обороны США применяемая не только в военных, но и в гражданских отраслях. *Прим.ред.*

и рынок стройматериалов, понятные русскому человеку. В советское время ценили русские слова. Сейчас они вышли из моды.

Понятный русскому человеку термин управление предприятием заменили корпоративным управлением. В чём принципиальная разница между предприятием и корпорацией? Ведь теперь *корпоративом* называют застолья в компании любого размера. Зачем вводить новый термин вместо обновления содержания уже имеющегося?

Эти примеры показывают игнорирование терминовотворчеством последних лет системной закономерности историчности [3]. Новые понятия никак не связываются с ранее существовавшими. Как будто всё началось только сейчас. А такие связи помогают лучше понять тенденции развития областей знания. Иностранные слова заимствовались и ранее, но разборчиво и не в таком объёме.

Приведём примеры необязательной замены русских слов на иностранные: распределительный (дистрибутивный²), сочетательный (ассоциативный), неоднородный (гетерогенный), понятие (концепт), содержание (контент), смысл (семантика), управление (менеджмент), поставщик (провайдер), познавательная (когнитивная³) графика и пр. Спрашивается: «Зачем понятное заменять на непонятное?».

Доля английских слов во многих словосочетаниях достигла половина-на половину (fifty-fifty), что проявляется, например, и в названиях научных работ, например: «*Когнитивные признаки концепта* лето...».

Более того, в учебниках иностранные слова стали определяться также иностранными словами: «*Онтология – эксплицитная спецификация концептуализации*» [4]. В этом определении вообще нет ни одного русского слова. Непонятое выражается через непонятое⁴.

Автор не является профессиональным лингвистом, и все суждения делаются на основе многолетнего опыта чтения научных публикаций и преподавания в вузе. Этот опыт убедил автора в том, что смысл высказываний воспринимается читателями и студентами лучше при их выражении на русском языке.

Разумеется, естественный язык меняется вместе с развитием общества. Появляются новые слова как отечественного, так и иностранного происхождения. Актуальной задачей является обеспечение понятности национального языка, чему препятствует чрезмерное заимствование иностранных слов. В связи с этим представляет интерес проанализировать текущее состояние отечественной терминологии и предложить меры по её улучшению.

Начнём с давно известных правил терминовотворчества.

1 Терминовотворчество

С точки зрения метрологии – науки об измерениях, задача терминологии состоит в преобразовании шкалы смыслов в шкалу наименований (номинальную шкалу). К термину предъявляются следующие требования [5]:

- 1) однозначность толкования;
- 2) системность, как отражение связи с другими понятиями, например, концептуальное проектирование является системным термином, так как указывает на связь с родовым понятием проектирование;

² Иноязычные аналоги заключены в скобки. Ради эксперимента автор пользуется этим приёмом (стараясь не злоупотреблять им) во всём тексте работы, чтобы читатель оценил целесообразность использования русских слов.

³ Занимаясь искусственным интеллектом не один десяток лет, автор так и не понял, почему отдаётся предпочтение слову «когнитивная». Ведь и на латинском языке слово *cognita* означает «познанная» (*terra incognita*). Теперь это слово употребляется в различных сочетаниях, не только применительно к графике.

⁴ «...Другие, вовсе не заботясь об изучении своего языка, ... переводили дословно чужие обороты речи, бессмысленные на нашем языке, понятные только тому, кто читает нерусской думою своей между строк, переводя читаемое мысленно на другой язык» В. Даль, июнь 1862 г.

- 3) стилистическая нейтральность;
- 4) соответствие нормам языка, в нашем случае, русского;
- 5) обладание словообразующей функцией (искать – искатель);
- 6) краткость;
- 7) соответствие международным стандартам;
- 8) предпочтительно национальное (для нас русское) происхождение.

Примером правомерной замены русского термина на иностранный является замена термина «ЭВМ» (электронно-вычислительная машина) термином «компьютер». Термин ЭВМ отражает *способ* реализации вычислений, а computer (вычислитель) отражает *назначение* устройства. Этот признак является более существенным, поскольку способы реализации устройства меняются, а его назначение остаётся. Конечно, можно было переименовать сокращение ЭВМ в «вычислитель». Но иностранные слова имеют то преимущество, что они обычно многозначны.

Терминологическая система отражает систему понятий ПрО. А это предполагает наличие, прежде всего, родовидовых связей между понятиями. Они показывают способ порождения видового понятия на основе родового. В программировании этот способ назван *наследованием*.

Роль самых общих родовых понятий играют философские понятия, количество которых ограничено. Как исходные положения теории (аксиомы), их определить нечем. Например, не определяемо указание «то» в определении философского понятия «сущее»: «всё то, что существует».

Родовидовое определение используется в качестве правила вывода производных понятий, поясняющее частное через общее. Например, неделя – это временной отрезок, состоящий из неповторяющихся дней. Здесь родовым является понятие «временной отрезок», видовым отличием – «неповторяющиеся дни», а видовым понятием – «неделя».

Такое определение является описательным (интенциональным) в отличие от перечислительного (экстенционального) определения. Неповторяющиеся дни *описывают* правило их перечисления. Поскольку число таких дней ограничено, они могут быть *перечислены*, как-то: неделя – это понедельник, вторник, среда, четверг, пятница, суббота, воскресенье.

В иерархической структуре понятий число слов, требуемое для именованья видового понятия, растёт по мере удаления от исходного родового понятия. Введение термина влечёт *сокращение размерности* имени понятия. Аналогом образованию нового термина в математике является замена переменных – сложное выражение с одной переменной заменяется другой переменной. Упрощение выражения облегчает решение задачи. Замена же *x* на *y* непродуктивна, поскольку она не влияет на решение задачи. Замена русского слова на иностранное не только непродуктивно, но и вредно, поскольку теряется опора на бытовую трактовку понятия.

Для формального нахождения родовидовых связей между понятиями по их определениям автором был предложен язык определения понятий (ЯОП) [6]. Логико-лингвистические модели определений понятий, представленные на ЯОП, были использованы при создании системы понятий технической диагностики [1] и разработки терминологического стандарта [7].

Логико-лингвистический анализ на основе ЯОП позволяет выявлять *ложно-ориентирующие* термины, не согласующиеся с другими терминами ПрО. Термин «терминологическая система» следует отнести к *правильно-ориентирующим* терминам, поскольку видовое отличие «терминологическая» объясняет связь этого видового понятия с родовым понятием «система».

Не несут никакой смысловой нагрузки нейтральные термины. К ним относятся иноязычные и фамильные термины. Например, термин «дискурс» (discourse) ничего не объясняет русскоязычному читателю, не знающему английского языка. Не имеет объясняющей функции и термин «множество Парето», названный по имени автора и применяемый в задачах векторной оптимизации [2]. Равнозначный (эквивалентный) ему термин «множество недоминируемых альтернатив» несёт в себе объясняющую функцию, но требует применения трёх слов в словосочетании вместо двух.

Очевидно, что измельчение родового понятия за счёт последовательного придания видовых отличий имеет лавинообразный характер. Уже трёхсловное словосочетание влияет на объём текста. Для сокращения длины термина используют следующие приёмы:

- 1) Словосочетание заменяют одним словом, сохраняющим смысл исходных слов. Примеры: терминологическая система = терминосистема, тестовое диагностирование = тестирование.
- 2) Вводят сокращение по начальным буквам (аббревиатуру). Пример: язык определения понятий = ЯОП.
- 3) Вводят нейтральный термин.

Роль нейтральных терминов обычно выполняют слова иностранного языка. Для языков романской группы, в основу которых положен латинский язык, в качестве иностранного языка зачастую используется греческий язык. В русской терминологии используются слова из всех этих языков. Логика применения латинского и греческого языков очевидна. Ведь, они и лежали у истоков научного познания мира. Согласно закону сохранения, применяя нейтральный термин, экономим в длине термина, но теряем в понимании смысла. Конечно, эта проблема решаема при знании латинского и греческого языков. В настоящее время достаточно знания английского языка. Но по отношению к отечественному языку иностранный язык выступает внешним знанием (метазнанием), а его объём следовало бы минимизировать. Иначе, нужно просто переходить на английский язык.

2 Шкалы смыслов и наименований

Шкалы смыслов существуют во всех сферах человеческой деятельности. Им ставятся в соответствие шкалы наименований, составляющие словарь национального языка. В наибольшей степени характер народа характеризует шкала бытовых смыслов. Она определяется особенностями среды обитания (природа, рельеф местности, климат), национальными традициями, культурой, религией. Эти факторы влияют на размерность участков шкалы бытовых смыслов, а, следовательно, и на размерность соответствующих участков номинальной шкалы.

Один из важнейших участков шкалы бытовых смыслов отражает среду обитания. Наиболее существенные для народа смыслы выражаются большим числом слов. В языке индейцев Южной Америки 30 слов обозначают оттенки зелёного цвета, а эскимосы имеют 40 слов для обозначения оттенков белого цвета, что позволяло выживать этим народам в среде их обитания.

Словарь русского языка отличается богатством слов в области духовной жизни, отражаемой культурой и религией. Прагматичная англоязычная цивилизация имеет больший словарный запас в продуктивной деятельности. Например, в области целеполагания существует шесть терминов, отражающих целевое поведение: goal, purpose, objective, aim, target, object. Для сравнения в русском языке им соответствует одно слово: «намерение». Но выражаемое им понятие слабо связано с результатом деятельности. Более конкретное слово «цель» заимствовано из немецкого языка.

В процессе интенсивного товарного, туристического и культурного обмена происходит обогащение национальных языков, в основном путём заимствования иностранных слов, отражающих смыслы, существенные для других народов.

Шкала смыслов изменчива. Она меняется по мере развития общества, науки и техники. Старые смыслы исчезают. Обозначающие их слова либо также выходят из употребления, либо обретают новый смысл.

В бытовой сфере такие изменения происходят в связи со сменой общественно-политической формации, например, в связи с отменой крепостного права, переходом от плановой к рыночной экономике в России. В научной сфере новые смыслы появляются в процессе углубления знаний, а в технике – с появлением новых технологий.

В русском языке преобладает перечислительный подход, связанный с увеличением числа терминов. В английском языке преобладает контекстный подход, связанный с увеличением числа смыслов, обозначаемых одним словом. Необходимость применения контекста компенсируется лучшим пониманием смысла с использованием принципа аналогии. В частности, пониманию в научном контексте слова с несколькими значениями (полисемии) может помочь его бытовой контекст.

Увеличение числа смыслов, сопровождающее прогресс общества, требует для их обозначения новых слов. Языкознание (лингвистика) не препятствует применению иностранных слов там, где они заменяют громоздкое словосочетание, либо обладают лучшей словообразующей функцией. Однако предпочтительным должно быть национальное, а для нас русское происхождение термина.

Игнорированию системности современной терминологии способствует смена научной парадигмы с *понятийной* на *технологическую*. Первая парадигма имела своей целью накопление фундаментального научного знания, а вторая – его практическое использование. Понятийная парадигма нацелена на *понимание существа изучаемого явления*. Технологическая парадигма предназначена для *получения практических результатов*.

Современное образование нацелено в основном на подготовку специалистов в узких областях. В них не имеет большого значения терминология. Важно знать имена кнопок, нажатие которых приводит к нужному результату. Это знание оператора, использующего продукт чужой разработки. Отсутствие метазнания (за пределами используемого изделия) не позволяет оператору самостоятельно освоить новую модификацию изделия. На неё необходимо переучивать. Разработчику же нового изделия необходимы более глубокие знания, изучаемые в рамках понятийной парадигмы. В ней первичны более устойчивые родовидовые связи в отличие от причинно-следственных (каузальных), главенствующих в технологической парадигме. Действительно, поменять местами родителя с ребёнком сложнее, чем причину со следствием.

3 Любовь к иностранным словам

Основной причиной этой любви, по мнению автора, явилось отставание России от западной цивилизации в социально-экономическом и научном развитии в некоторые периоды её истории. Пётр Первый «прорубил окно в Европу», чтобы догнать передовые страны. В Россию были приглашены иностранные учёные и специалисты. В первый состав Российской Академии Наук вошли в основном иностранные учёные. Первые научные трактаты в XVIII веке писались на французском языке⁵. В гимназиях преподавали латинский язык, востребованный в научных работах.

⁵ Ежегодный сборник трудов «Комментарии Петербургской академии наук» издавался с 1728 г. на латинском языке. *Прим.ред.*

Постепенно учёные стали переходить на русский язык. В числе первых авторов русскоязычных работ был М.В. Ломоносов. Тем не менее, иноземные истоки науки в России определили моду на иностранные слова в научных работах. Пренебрежением русскими словами грешат как молодые авторы, стремящиеся придать своей работе большую солидность, так и зрелые учёные, подзабывшие в работе с англоязычной литературой родной язык.

Дальнейший технический и научный прогресс тормозился крепостным правом. Граница между дворянами-помещиками и их крепостными крестьянами была не только материальной, но и языковой. Дворяне общались на французском языке, недоступном для крепостных крестьян. Они считали его более изящным, чем грубый мужицкий язык крестьян. Владение французским языком определяло социальный статус и культурный уровень человека. Эта традиция также не прошла бесследно в плане приверженности россиян к иностранным словам в быту. Щегольнуть знанием иностранного слова всегда было модно.

То, что словарный запас определяет уровень культуры, метко подметили Ильф и Петров в своём романе «12 стульев». Словарный запас Элочки составлял 30 слов, а её подруги Фимы Собак – около ста восьмидесяти слов, в силу чего Фима слыла культурной девушкой.

Ситуация изменилась во второй половине XX века в период расцвета советской науки. Советские учёные вышли на передовые рубежи мировой науки, что подтверждалось успехами Советского Союза в высокотехнологических областях. Однако отсутствие прогресса в социально-экономической сфере не позволило развить эти успехи.

Начиная с конца восьмидесятых годов XX века, начался интенсивный отток учёных и высококвалифицированных специалистов в европейские страны и США, исчисляемый сотнями тысяч человек. В те годы там начинался технологический рывок, прежде всего в сфере информационных технологий. В него существенный вклад внесли приехавшие туда советские учёные. Пока в России утверждалась новая социально-политическая система, в западных странах разрабатывались высокотехнологические изделия. Документацию на русском языке готовили наши специалисты. Но, находясь в англоязычной среде, они не были заинтересованы в тщательном переводе на понятный русский язык и многие англоязычные термины стали просто переводить на кириллицу, что стало одной из причин мощного вброса иностранных слов в русскую терминологию.

Здесь срабатывает закон экономии. Сформулируем его следующим образом: *любая система развивается по пути наименьшего сопротивления*. Ручей не потечёт в гору, ветер не подует в область более высокого давления и т.д. В другой («очеловеченной») формулировке: *любая система стремится достичь цели с наименьшими затратами*.

Примеров этого закона много. В бытовой сфере: «Умный в гору не пойдёт, умный гору обойдёт». В умственной деятельности действует принцип экономии мышления. Человеку легче запомнить правило вывода и начальную информацию, чем все выводимые из неё факты. В терминотворчестве проще и экономнее просто переходить на кириллицу. Несомненно, что этим руководствовался и один из авторов определения онтологии, готовя книгу [4] во время полугодовой стажировки в США. Ведь, находить подходящие русские слова – это серьёзный труд.

Что говорить о молодёжи, бурно общающейся в социальных сетях! Там всё делается на скорую руку. И здесь им в помощь молодёжный сленг – сокращённые русские слова вперемежку с английскими.

Существенной причиной неумеренного употребления англоязычных терминов стало использование английского языка в качестве языка международного общения. В силу возросшего темпа жизни люди не успевают и не хотят искать русские эквиваленты англоязычных терминов, и просто переводят их на кириллицу. Большую роль в этом сыграл Интернет, в ко-

тором циркулирует оперативная информация. Внесло свой вклад и современное образование с малым объёмом изучения русского языка и литературы.

В отличие от нас китайцы хранят свою древнюю и самобытную культуру. В этом им помогает язык, который существенно иной по алфавиту и фонетике европейским языкам, не вбирает в себя иноязычные слова, а даёт им китайские эквиваленты. Благодаря этому китайцы говорят либо на своём языке, либо на иностранном. Русским учёным приходится читать русскоязычные статьи с *англо-русским словарём!*

Публикации в журналах и книги рассчитаны на длительное использование. Поэтому и с выбором слов здесь спешить нельзя. Что касается включения в текст иноязычных слов на языке оригинала, по мнению автора, их можно использовать лишь для уточнения смысла русского текста, приводя их в скобках за исключением собственных имён.

4 Различие в выражении мыслей на русском и английском языках

Русскоязычные и англоязычные люди излагают (вербализуют) свои мысли по-разному. Английский язык более образный, поскольку в нём гораздо меньше заимствований, чем в русском, что облегчает понимание смысла. Впервые автор это обнаружил во время учёбы в аспирантуре. Чтение англоязычных работ помогло лучше понять свою тематику, чем тяжеловесное русскоязычное изложение с неумеренным заимствованием непонятных иностранных слов.

Влияет на выражение мыслей также различное мировоззрение и обычаи. Сторонникам глобализма в американском стиле следует напомнить, что американская нация формировалась из беженцев (эмигрантов) из всех стран мира. Эти люди отличаются по своему отношению к жизни от тех, кто остался жить на родине, кто разделяет или готов мириться с мировоззрением своего народа. А мировоззрение проявляется в языке народа.

На стиль речи влияет психологический аспект [8]. Он определяет отношение субъекта к объекту суждения. Приведём пример. Сесть в автобус переводится на английский язык как *take a bus*. Буквально, «взять автобус». Но это общественный транспорт. Можно взять в своё распоряжение только такси. В этом смысле англоязычное выражение не различает общественный и частный транспорт. Симптоматично различие в словах, характеризующих пустое помещение. Американец скажет: *nobody* (нет тела), а русский – ни души, что характеризует их восприятие окружающего мира, потребительское и идеалистическое соответственно.

В настоящее время английский язык огрубели публикации не носителей этого языка. На английском языке мысль «у меня плохой слух» можно сформулировать как «у меня плохие уши». Но слух – основное, но не единственное свойство уха. Переход от отдельного свойства к его обладателю и представляет собой огрубление мысли, что затрудняет перевод её на русский язык.

Таким образом, бесконтекстный перевод, даже с переводчиком Google, не продуктивен. Надо идти от общей мысли. Напомним известное правило – переводятся не слова, а мысли⁶, ибо стиль изложения мыслей в русском и английском языках зачастую различается. Именно разным способом изложения мыслей объясняется тот факт, что многие работы российских авторов отклоняются от публикации в англоязычных журналах из-за «плохого английского». Они следят за правильностью своего языка!

Ссылка на Петра Первого здесь не случайна. Его, «прорубившего окно в Европу», можно считать родоначальником такой модной в нынешние дни идеи глобализма. Но, даже не зная

⁶ «И того ради надлежит вам и в той книжке, которую ныне переводите, остеречься в том, дабы внятнее перевести, а особливо те места, которые учат как делать, и не надлежит речь от речи хранить в переводе, но точно, смысл уразумев, на своем языке уже так писать, как внятнее может быть». *Петр I «Указ Зотову об избегании в будущем ошибок».*

психологии, он понимал, что один и тот же смысл передаётся разными языковыми средствами, и надо использовать те, которые понятны своему народу.

Сегодняшние глобалисты бездумно подменяют русские слова английскими, превращая русский язык в русско-английскую бессмыслицу и не заботясь о том, поймут ли их люди. Да, английский язык в настоящее время является языком международного общения и его надо знать. Но изучить его труднее, чем щеголять знанием отдельных слов, вставляя их куда не попадая. А любителям англоязычных научных публикаций полезно напомнить, что, судя по практике применения, к примеру, наши самолёты, созданные на основе русской научной мысли, не уступают зарубежным аналогам. И не только самолёты!

По закону единства и борьбы противоположностей идее глобализма противостоит идея самобытности (идентичности) каждого народа. Она реализуется, прежде всего, в его языке. И засорению языка иноязычными словами необходимо противостоять. Это сродни иммунитету организма в его борьбе с осаждающими его вирусами.

Конечно, речь здесь идёт не о консервации русского языка. Он должен развиваться в ногу со временем и пополняться, в том числе иностранными словами, как и было до сих пор. Словарь иностранных слов, изданный в середине прошлого века, насчитывал более 30000 иностранных слов, применяемых в русском языке [9]. Интересно, насколько он пополнился к настоящему времени? В целях его ограничения следовало бы отдавать предпочтение русским словам при именовании новых понятий.

Не вызывает сомнения тот факт, что любой научный текст можно написать на русском языке. Весь вопрос в том, насколько этот текст будет *компактен* и *понятен*. По существу, каждый автор стремится оптимизировать эти показатели. Очевидно, что они противоречивы. Компактность текста требует введения новых терминов, а их понимание требует пояснения, т.е. лишних слов. Это искусство – «кратко и точно выразить свои мысли» [10].

5 Проблема понимания

Зададимся вопросом: «А можем ли мы обойтись без иноязычных слов?». Ведь, может же специалист объяснить работу сложного устройства для новичков, пользуясь небольшим набором простых и понятных для них слов. Экономия в словах состоит в том, что специалист пользуется указательными (остенсивными) определениями, поскольку ему есть на что указывать. Указательные определения играют большую роль и в обучении ребёнка языку. Родитель указывает ребёнку на стену и говорит: «Стена» (Wall) и т. д. Отметим основополагающую для познания роль бытовых смыслов, поскольку они усваиваются с первых шагов ребёнка и имеют образное представление.

Но разновидностей стен и деталей сложных устройств много, а для описания каждой разновидности нужны новые слова. А как назвать то, что приходит на ум, т.е. не материализованную мысль? Также нужны слова. Но количество объектов познания безгранично. Сколько же нужно слов для их обозначения?

И здесь на помощь приходят понятия. Они позволяют перейти от конкретных объектов к классам объектов. Путём последовательного отвлечения (абстрагирования) от конкретных примеров стены они обобщаются определением понятия «стена» как конструкции, разграничивающей два пространства. В математике степень отвлечения от конкретных объектов ещё глубже. В ней отвлекаются и от классов объектов. Именно *отвлечение от всех подробностей* и придаёт высокую степень общности языку математики.

Таким образом, понятие возникает в результате отвлечения признаков от конкретного предмета или явления действительности и, тем самым, служит наиболее общим выражением всех признаков явления. Оно является вторичным по отношению к его представлению. Это и

есть один из процессов познания действительности, выражаясь словами В.И. Ленина: «от живого созерцания к абстрактному мышлению, и от него к практике, – таков диалектический путь познания истины»⁷. Отсюда применительно к формированию понятий справедливо следующее утверждение: *образы – это практика человеческого познания, а понятия – его теория.*

Китайские иероглифы также имеют образное происхождение. Так что же вначале – образ или слово? Это проблема курицы и яйца. Мозг человека состоит из двух полушарий – знакового и образного. Мысль может зародиться⁸ и в первом, в виде слова, и во втором – в виде образа. А далее начинается их взаимодействие.

Обратный переход от понятия к образу неоднозначен, как переход от класса к одному из его экземпляров. У каждого человека свой жизненный опыт и он подбирает свое образное представление понятия. Именно эта особенность активизирует мышление читателя, который пытается перевести текст в образы. Образное представление информации в фильмах не требует такой работы мозга. Заметим, что математические выражения, лишённые образного представления, также однозначно воспринимаются носителями любого языка.

Любой научный текст предназначен для приращения знания читателя. Если под знанием понимать систему понятий читателя, то под приращением знания следует понимать добавление новых понятий в систему («новое слово в науке»), либо добавление новых связей между известными понятиями, либо и то, и другое.

Для обозначения новых понятий помимо слов национального языка привлекаются слова из других языков. Рекордсменом по применению латыни является медицина. В ней практически все термины взяты из латинского языка. Наряду с традицией в пользу этого явления имеется ещё одно объяснение (аргумент). Если пациенту всё будет ясно, он может заняться самолечением, а без наблюдения врача это может иметь плохие последствия. Что касается научных публикаций, использование иноязычного термина вместо русского эквивалента может и придаёт работе солидность, но уж точно ухудшает её понимание.

Для улучшения понимания русскоязычных работ следует применять принцип бритвы Оккама⁹: «Не умножай сущностей». Зачем использовать иностранные слова, если имеются их русскоязычные синонимы? Конечно, подбирать нужные слова – это искусство. Но им нужно овладеть, если автор хочет быть понятым.

6 Анализ некоторых ключевых понятий

Некритичному применению иноязычных терминов противопоставим анализ некоторых ключевых понятий, имеющих прямое отношение к тематике журнала. К ним относятся, прежде всего, слова из названия самого журнала, а именно: *онтология* и *проектирование*.

Переведём часто цитируемое определение онтологии из [4] на русский язык. *Эксплицитно* переводится как явно. *Спецификация* – это взаимосвязанное перечисление понятий (*concepts*). Но тогда – это система понятий! При формировании и анализе системы понятий ПрО важнейшей задачей является *установление связей* между рассматриваемыми понятиями. По мнению профессора И.В. Герасимова «Онтология – это всё о предметной области» [11]. Значит, следует учитывать любые связи между понятиями: общее-частное (наследования), часть-целое (партитивную), причинно-следственную, функциональную, алфавитную (словарную) и пр. Одни связи выражены в явном виде (эксплицитно), другие связи мо-

⁷ Ленин В.И. Философские тетради. Полн. собр. соч., т. 29, с. 152–153.

⁸ Новую (оригинальную) мысль называют *озарением* (инсайтом).

⁹ Методологический принцип простоты, получивший название от имени английского философа Оккама (Ockham; ок. 1285–1349); известен со времен Аристотеля. *Прим.ред.*

гут быть выражены в неявном виде – правилами вывода (имплицитно). Но если учитывать все связи, то *онтология* – это модель *ПрО*, выраженная на языке понятий. Таким образом, термин «онтология» соответствует термину «система понятий». Его преимуществом можно считать краткость и лучшую словообразующую функцию (онтология – онтологический и пр.).

Согласно системному подходу начальным этапом выполнения любого проекта является *концептуальное проектирование* (conceptual design). Перевод видового отличия «conceptual» на русский язык неоднозначен. Это слово можно считать производным от слов concept (понятие) и conception (замысел). Но словосочетания «проектирование понятий» и «проектирование замысла» имеют различный смысл, причём смысл первого уже, чем второго.

Проектирование понятий ограничивается разработкой системы понятий, т.е. языка *ПрО*. Однако, как было указано ранее, человек мыслит не только в понятиях, но и в образах. Более того, изображения (графика, рисунки) на начальном этапе проектирования позволяют уточнить язык *ПрО* и активизируют человеческое мышление. Исходная идея проекта может выражаться либо словом, либо образом. Термин «понятийное проектирование» не охватывает образную часть проектирования. В этом смысле он является *ложно-ориентирующим*.

Если трактовать видовое отличие «conceptual» как производное от концепции (conception) в смысле замысла проектирования, то это слово не отсекает образную составляющую проектирования. Эту особенность термина *концептуальное проектирование* полезно было бы отразить в его определении.

Рассмотренный пример лишний раз доказывает трудности, с которыми сталкивается читатель при приведении англо-русского термина к «общему знаменателю», т.е. в переводе английской части термина на русский язык.

Помимо смыслового анализа понятий полезно использовать хотя бы простейшие формализмы. К таковым отнесём двухместный предикат действия: *Действовать*(субъект, объект). Поскольку модным в области управления стал термин management, в качестве примера рассмотрим разновидности управления. Их обобщает предикат *Управлять*(субъект, объект). В качестве значений субъекта и объекта в этом предикате выберем человека и технику. Подстановки этих значений в аргументы предиката сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Разновидности управления

Субъект	Объект	Вид управления
человек	человек	Организационное
человек	техника	Автоматизированное
техника	техника	Автоматическое

В системе организационного управления люди, как субъекты и объекты управления, могут находиться в отношении подчинения (субординации) и соподчинения (координации). Если они находятся в неформальных отношениях, имеет место общественная организация. Очевидно, что термин *management* имеет отношение к организационному управлению. Однако в отличие от обычного управления он содержит в себе экономическую составляющую, ориентированную на прибыль.

Специфический смысл управления имеет и термин *knowledge management*. Знанием же не управляют, его упорядочивают, организуют. Поэтому этот термин имеет смысл *организации знания*, а не управления им.

Приведённый пример показывает целесообразность использования формализации с целью уточнения смысла понятий и их взаимосвязи.

Заключение

Роль языка в жизни людей и государств нельзя недооценивать. Язык и в настоящее время является средством влияния на другие государства. Европейский Союз в немалой степени попал в чрезмерную зависимость от США, приняв в качестве официального языка английский язык. Государства ряда бывших советских республик вкладывают большие средства на искоренение русского языка и внедрение английского языка. Это свидетельствует о том, что язык всегда был и остается одним из инструментов политики.

Если экономическая независимость отстаивается с опорой на национальную экономику, то на политическую независимость оказывает влияние, в том числе, и национальный язык, тем более что на нём и ведутся информационные войны. Но если заимствование английских слов продолжится такими же темпами, то русский язык будет отличаться от английского только кириллицей, что нам и продемонстрировали определением онтологии авторы учебника [4]. Мы являемся не только свидетелями, но и участниками «порчи русского языка» [10], отрывающей молодые поколения от народных корней.

Слова, как и люди, приходят из чужих земель и со временем становятся своими. Но каждое государство, заинтересованное в сохранении своей самобытности (идентичности), ограничивает поток пришельцев (эмигрантов). Такие ограничения применяются и в других областях. Налоги на ввозимые из-за рубежа товары позволяют развивать собственную промышленность (индустрию) и сельское хозяйство (агрокультуру). В целях развития отечественного спорта вводят ограничение на число иностранных игроков (легионеров) в футбольных командах.

Что касается научных работ, то перекладывать заботу о национальном языке на чиновников опасно. Мы уже увидели, к чему привело их усердие в области образования и науки. Проблему языка должно решать само научное сообщество.

Автор считает целесообразным и необходимым разработку научно-обоснованных терминологических стандартов с участием системных аналитиков и лингвистов (лингвистов). Полезно разработать в рамках корпусной лингвистики программу *АнтиИнЯз*, выявляющую злоупотребление иноязычной терминологией. Эта программа могла бы обнаруживать англоязычные синонимы и подсчитывать их процент в работе. Это позволило бы, как минимум, привлечь внимание к проблеме засорения национального языка необязательными иностранными словами, и, как максимум, дало бы издательствам объективный повод возвращать работы, превысившие установленный ими порог иноязычных терминов, и рекомендовать их доработку или публикацию на английском языке.

Благодарности

Работа поддержана Программой фундаментальных исследований Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН (проект 2.11).

Автор благодарен редколлегии журнала за должное внимание к указанной проблеме, приглашение к дискуссии (*Онтология проектирования*, 2015, том 5, №3(17), с. 263) и попытки навести терминологический порядок в исследуемой области [12].

Список источников

- [1] *Микони, С.В.* Общие диагностические базы знаний вычислительных систем / С.В. Микони. – СПб.: СПИИРАН, 1992. – 234 с.
- [2] *Микони, С.В.* Теория принятия управленческих решений: Учебное пособие / С.В. Микони. – СПб.: Лань, 2015. – 448 с.

- [3] **Микони, С.В.** Системный взгляд на современную терминологию / С.В. Микони // Сборник научных трудов XIX-й международной конференции «Системный анализ в проектировании и управлении» (1-3 июля 2015 г., Санкт-Петербург, Россия). Ч.1. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – С. 62-71.
- [4] **Гаврилова, Т.А.** Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2001. – 382 с.
- [5] **Лотте, Д.С.** Основы построения научно-технической терминологии / Д.С. Лотте. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 157 с.
- [6] **Микони, С.В.** Формализованный язык для определения понятий/ С.В. Микони, А.Л. Чахирева // Научно-техническая информация. Сер.2. - 1987. - №1. – С. 23-27.
- [7] ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Основные термины и определения. – М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1989. – 13 с.
- [8] **Попов, П.С.** Различные типы нарушений правильности речи и их значение для выявления характера взаимоотношения языка и мышления / П.С. Попов // Язык и мышление. – М.: Наука, 1967. – С. 162-165.
- [9] Словарь иностранных слов. Издание четвертое. – М.: Гос. изд-во иностранных и национальных словарей. 1954. – 853 с.
- [10] **Колесов, В.В.** Культура речи – культура поведения / В.В. Колесов // – Л.: Лениздат, 1988. – 271 с.
- [11] Парадигма виртуальности в автоматизированном исследовательском проектировании высокотехнологичных изделий электроники и средств аналитического приборостроения / Под ред. И.В. Герасимова. – СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. – 204 с.
- [12] **Боргест, Н.М.** Ключевые термины онтологии проектирования / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. – 2013. - №3(9). – С. 9-31.

PROBLEMS OF MODERN RUSSIAN TERMINOLOGY

S.V. Mikoni

*St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia
smikoni@mail.ru*

Abstract

The paper analyzes the state of modern Russian terminology. The rules of terms creation are declared. The scale of meanings and names of different people are compared. The historical and contemporary reasons for excessive borrowing of foreign words are analyzed. Examples of English-Russian abracadabra are brought. We consider the difference in the expression of thoughts in Russian and English languages. The problem of understanding the text is discussed. It indicates a greater role to the national language in the understanding of texts. Examples of the analysis of the concepts related to the themes of the magazine are considered. To improve the state of the national terminology are proposed to develop science-based terminology standards and software, evaluating scientific papers on the subject of redundancy of foreign words.

Key words: *national language, terminology, system of concepts, genus concept, specific concept, image, understanding, ontology, design.*

References

- [1] **Mikoni, S.V.** Obshchie diagnosticheskie bazy znaniy vychislitel'nyh system [The general purpose knowledge bases of computer diagnostics] / S.V. Mikoni. – SPb.: SPIRAS. – 234 p. (In Russian).
- [2] **Mikoni, S.V.** Teoriya prinyatiya upravlencheskih reshenij: Uchebnoe posobie [Theory of administrative decision making: A Tutorial] / S.V. Mikoni. – SPb.: Lan', 2015. – 448 p. (In Russian).
- [3] **Mikoni, S.V.** Sistemnyj vzglyad na sovremennuyu terminologiyu [System view on modern Russian terminology] // Sbornik nauchnyh trudov XIX-j mezhdunarodnoj konferencii «Sistemnyj analiz v proektirovanii i upravlenii», 2015. CH.1. / S.V. Mikoni. – SPb.: Izd-vo Politekh. Instituta, 2015. – P. 62-71. (In Russian).
- [4] **Gavrilova, T.A.** Bazy znaniy intellektual'nyh sistem [Knowledge bases of intellectual systems] / T.A. Gavrilova, V.F. Horoshevsky. – SPb.: Piter, 2001. – 382 p. (In Russian).
- [5] **Lotte, D.S.** Osnovy postroeniya nauchno-tehnicheskoy terminologii [Bases of creation of scientific and technical terminology] D.S. Lotte – M.: Izd-vo AN SSSR, 1961. – 157 p. (In Russian).

- [6] **Mikoni, S.V.** Formalizovannyi yazyk dlya opredeleniya ponyatii [The formalized language for definition of concepts] / S.V. Mikoni, A.L. Chahireva // Nauchno-tehnicheskaya informaciya. Ser. 2. 1987. No. 1. – P. 23-27. (In Russian).
- [7] GOST 20911-89. Tehnicheskaya diagnostika. Osnovnye terminy i opredeleniya [Technical diagnostics. Main terms and definitions] – M.: Gos. komitet SSSR po upravleniyu kachestvom produkcii i standartam, 1989. – 13 p. (In Russian).
- [8] **Popov, P.S.** Razlichnye tipy narushenii pravil'nosti rechi i ih znachenie dlya vyyavleniya haraktera vzaimootnosheniya yazyka i myshleniya [Various types of violations of correctness of the speech and their value for detection of nature of relationship of language and thinking] / P.S. Popov // Yazyk i myshlenie. – M.: Nauka, 1967. – P. 162-165. (In Russian).
- [9] Slovar' inostrannyh slov. Izdanie chetvyortoe [Dictionary of foreign words. Edition fourth] – M.: Gos. izd-vo inostrannyh i nacional'nyh slovarej, 1954. – 853 p. (In Russian).
- [10] **Kolesov, V.V.** Kul'tura rechi – kul'tura povedeniya [The standard of speech – culture of behavior] / V.V. Kolesov. – Leningrad.: Lenizdat, 1988. – 271 p. (In Russian).
- [11] Paradigma virtual'nosti v avtomatizirovannom issledovatel'skom proektirovanii vysokotekhnologichnyh izdelii e'lektroniki i sredstv analiticheskogo priborostroeniya [Virtuality paradigm in automated research design of hi-tech products of electronics and means of analytical instrument making] / Ed.: I.V. Gerasimov. – SPb.: SPbGETU «LETI», 2013. – 204 p. (In Russian).
- [12] **Borgest, N.M.** Kluchevye slova ontologii proectirovaniya [Key words of the ontology of designing] / N.M. Borgest // Ontology of designing. – 2013. - №3(9). – P. 9-31. (In Russian).

Сведения об авторах



Микони Станислав Витальевич, 1936 г. рождения. Окончил Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта им. Образцова в 1963 г., д.т.н. (1992), профессор (1994), ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН. Член Российской ассоциации искусственного интеллекта. В списке публикаций более 270 работ, из них 1 монография и 7 учебных пособий в области технической диагностики, дискретной математики, системного анализа, теории принятия решений, искусственного интеллекта.

Mikoni Stanislav Vitalievich (b. 1936) graduated from the Obraztsov Institute of Engineers of Railway Transport (Leningrad) in 1963, D. Sc. Eng. (1992). Professor (1994). He is Russian Association of Artificial Intelligence member. He is author and co-author of more than 270 publications in the field of technical diagnostic, discrete mathematic, system analyses, artificial intelligence, decision making theory.

**Институт философии
Российской академии наук**

**Междисциплинарный научный семинар
«Онтология проектирования»**

23 декабря 2015 г., 17 часов.
зал заседаний Ученого совета.
Тема 2015 г.:
**«Онтология проектирования
и проектирование бытия человека»**
Тема семинара
**«Национальная идея
и проектирование новой идеологии
для России» (заседание 2).**
**Руководитель семинара
проф. Ю.М. Резник**

Адрес института: Москва,
ул. Гончарная, д. 12, стр. 1



OSTIS-
2016

**VI международная научно-техническая конференция
«Открытые семантические технологии
проектирования интеллектуальных систем»
Open Semantic Technologies for Intelligent Systems**

18–20 февраля 2016 г. Минск, Республика Беларусь

ОСНОВНЫЕ ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

- Российская ассоциация искусственного интеллекта (РАИИ)
- Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (БГУИР)
- Государственное учреждение «Администрация Парка высоких технологий» (Республика Беларусь)

НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

- *Принципы, лежащие в основе семантического представления знаний, и их унификация. Типология знаний и особенности семантического представления различного вида знаний и метазнаний. Связи между знаниями и отношения, заданные на множестве знаний. Семантическая структура глобальной базы знаний, интегрирующей различные накапливаемые знания*
- *Языки программирования, ориентированные на параллельную обработку семантического представления баз знаний*
- *Модели решения задач, в основе которых лежит обработка знаний, осуществляемая непосредственно на уровне семантического представления обрабатываемых знаний. Семантические модели информационного поиска, интеграции знаний, анализа корректности и качества баз знаний, сборки информационного мусора, оптимизации баз знаний, дедуктивного и индуктивного вывода в базах знаний, правдоподобных рассуждений, распознавания образов, интеллектуального управления. Интеграция различных моделей решения задач*
- *Семантические модели восприятия информации о внешней среде и отображения этой информации в базу знаний*
- *Семантические модели мультимодальных пользовательских интерфейсов интеллектуальных систем, в основе которых лежит семантическое представление используемых ими знаний и унификация этих моделей*
- *Семантические модели естественно-языковых пользовательских интерфейсов интеллектуальных систем. Структура семантического представления лингвистических баз знаний, описывающих естественные языки и обеспечивающих решение задач понимания естественно-языковых текстов и речевых сообщений, а также задач синтеза естественно-языковых текстов и речевых сообщений, семантически эквивалентных заданным фрагментам баз знаний*
- *Интегрированные комплексные логико-семантические модели интеллектуальных систем, основанные на семантическом представлении знаний, и их унификация. Технические платформы и варианты реализации интерпретаторов унифицированных логико-семантических моделей интеллектуальных систем, основанных на семантическом представлении знаний*
- *Средства и методы, основанные на семантическом представлении знаний и ориентированные на проектирование различных типовых компонентов интеллектуальных систем (баз знаний, программ, решателей задач, интерфейсов)*
- *Прикладные интеллектуальные системы, основанные на семантическом представлении используемых ими знаний*

Сайт конференции <http://conf.ostis.net>

**V международная научная конференция
«Информационные технологии и системы»
Санаторий «Юбилейный», Республика Башкортостан, Россия
24-28 февраля 2016 год**

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

- Челябинский государственный университет
- Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление" ИСА РАН
- Уфимский государственный авиационный технический университет
- Уральский Федеральный университет

НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

- *Методология системного анализа*
- *Методы и информационные технологии поддержки принятия решений*
- *Интеллектуальные методы анализа: плохо структурированных данных; текстовой информации; больших данных*
- *Интеллектуальные методы защиты информации*
- *Информационная безопасность*
- *Моделирование и анализ-бизнес процессов*
- *Методы распознавания аудио-, видео- и графических образов*
- *Геоинформационные системы*
- *Мультиагентные системы управления*
- *Облачные вычисления и грид-технологии*
- *Информационные технологии и системы в экономике и управлении*
- *Информационные технологии в науке, технике и образовании*

Контакты оргкомитета

Челябинск, 454000, ул. Братьев Кашириных, 129, Челябинский государственный университет, к. 1, ауд. 331.
Институт информационных технологий, Тел/факс: (351)7997288, E-mail: iit@csu.ru

XXI Байкальская Всероссийская конференция с международным участием

«Информационные и математические технологии

в науке и управлении»

29 июня - 8 июля 2016 года

Иркутская сессия – 29-30 июня,

Байкальская сессия – с 1 по 8 июля

база «Энхалук», 170 км от г. Улан-Удэ, Россия



НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

- *Теоретические и методологические аспекты информационных и математических технологий*
- *Математическое моделирование в научных исследованиях, вычислительная математика, оптимизация*
- *Методы, технологии и инструментальные средства создания интеллектуальных энергетических систем*
- *Методы и системы искусственного интеллекта, интеллектуальные вычисления*
- *Ситуационное управление, системы интеллектуальной поддержки принятия решений в управлении, ситуационные центры*
- *Информационное и семантическое моделирование, семантические вычисления*
- *Корпоративные информационные, геоинформационные, интеллектуальные системы*
- *Параллельные, распределенные, облачные и агентные вычисления*
- *Кибербезопасность (защита информационных систем критически важных инфраструктур)*

Контакты оргкомитета

Иркутск, 664033, ул. Лермонтова, 130, ИСЭМ СО РАН, факс (3952) 42-67-96, тел. - (3952) 500-646 доп.440
Макагонова Надежда Николаевна, Курганская Ольга Викторовна, imt@isem.irk.ru

Сайт конференции <http://imt.isem.irk.ru>

Рекомендуемые издания 2015-2016 года по тематике журнала



Шимуквич П.Н. *ТРИЗ-противоречия в инновационных решениях: PN-метод.* / Изд. 3, доп. - М: URSS, 2016. - 224 с.

Инновации - это то, чем живет каждая развивающаяся компания. Одним из средств их создания является теория решения изобретательских задач (ТРИЗ). Она имеет почти полувековую практику успешного применения в различных сферах деятельности человека. PN-метод является дальнейшим развитием её наиболее известной части, касающейся работы с противоречиями. Предлагаемый метод обеспечивает работу с ТРИЗ-противоречиями на системной основе, чем качественно отличается от известных подходов, базирующихся на приёмах разрешения технических и физических противоречий. Метод обладает логической строгостью и большим потенциалом решения творческих задач.



Бевир М. *Управление: очень краткое введение.* - М: URSS, 2015. - 160 с.

Слово «управление» («governance») встречается сегодня повсюду. Всемирный банк и Международный валютный фонд предоставляют займы на условиях «надлежащего управления». Изменение климата и птичий грипп оказываются вопросами «глобального управления». Европейский союз выпускает отчеты об «управлении». Чем объясняется такое распространение термина «управление», и что он означает? Слово «управление» используется сегодня во многих контекстах, но в целом оно относится ко всем формам координации и регулирования, которым присущи децентрализованный характер и горизонтальная подотчетность. Марк Бевир рассматривает не только основные теории управления, но и их влияние во многих областях, включая корпоративные, государственные и глобальные отношения.



Семенов С.С., Воронов Е.М., Полтавский А.В., Крынев А.В. *Методы принятия решений в задачах оценки качества и технического уровня сложных технических систем.* - М: URSS, 2016. - 520 с.

Рассмотрены основные положения системного анализа оценки качества и технического уровня сложных технических систем, процедура проведения и математическая модель принятия управленческих решений по выбору предпочтительного варианта сложной технической системы, классификация, перечень и сущность основных методов принятия решений и их сравнительный анализ. Предложены новые методические подходы к оценке технического уровня сложных технических систем.



Сложеникина Ю.В. *Основы терминологии: Лингвистические аспекты теории термина* / Изд. стереотип. - М: URSS, 2016. - 120 с.

Предлагается научно обоснованная классификация профессиональных единиц, представлены критерии исследования отдельных терминов и целых терминологических систем, основные модели терминологической номинации. Рассматриваются системные отношения гипонимии, синонимии, антонимии и многозначности терминов, а также внесистемные отношения омонимии. Предметом лингвистического анализа становятся факты изменения специальных слов в аспекте плана выражения и плана содержания. Излагается современная теория вариантности терминов, с позиций когнитивной лингвистики определяются этапы терминопорождения, описывается алгоритм работы с термином.



Новиков Д.А. *Кибернетика: Навигатор. История кибернетики, современное состояние, перспективы развития.* - М: URSS, 2016. - 160 с.

Книга является кратким «навигатором» по истории кибернетики, её современному состоянию и перспективам развития. Рассматривается эволюция кибернетики (от Н. Винера до наших дней), причины её «взлётов» и «падений». Описаны взаимосвязь кибернетики с философией и методологией управления, а также с теорией систем и системным анализом. Проведён анализ современных трендов развития кибернетики. Вводится в рассмотрение новый этап развития кибернетики - «кибернетика 2.0», как наука об (общих закономерностях) организации систем и управлении ими. Обосновывается актуальность развития нового раздела кибернетики - «теории Организации», исследующей организацию как свойство, процесс и систему.



Евменов В.П. *Интеллектуальные системы управления: превосходство искусственного интеллекта над естественным интеллектом?* - М: URSS, 2016. - 304 с.

Обсуждается возможность машинного моделирования интеллекта человека; приведены обоснования гипотез о материальности мысли, материальности информации и универсальности процессов управления. На основании этих гипотез уточнены основные понятия управления, информационной связи и языковой коммуникации. Установлено качественное различие процессов моделирования природы мозгом и компьютерной программой. Предложены два направления исследования скрытых от наблюдения процессов мышления. Книга рассчитана на широкий круг читателей различных специальностей, которых интересуют интеллектуальные возможности компьютеров.



*Члену редколлегии журнала профессору **КЛЕЩЁВУ**
Александру Сергеевичу 19 декабря исполнилось 75 лет!*

Клещёв Александр Сергеевич (1940 г.р.), доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий отделом интеллектуальных систем Института автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения РАН, заведующий кафедрой программного обеспечения ЭВМ Дальневосточного государственного университета. Окончил в 1964 году математико-механический факультет Ленинградского государственного университета, в 1973 году в Институте кибернетики АН УССР (г. Киев) защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а в 1990 году в Институте прикладной математики АН СССР (г. Москва) защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. Опубликовал более 260 работ в области искусственного интеллекта, информатики, медицинской и биологической кибернетики. Область его научных интересов включает системы, основанные на знаниях, представление знаний, онтологии, веб-системы искусственного интеллекта, доказательство теорем, системы медицинской диагностики, анализ информации, языки и системы программирования, моделирование биологических систем. Является членом трёх диссертационных советов по защите докторских диссертаций, заместителем руководителя Отделения информатики и вычислительной техники Академии инженерных наук Российской Федерации, председателем Научно-методического совета по образованию в области информатики и информационных систем Дальневосточного регионального учебно-методического центра, членом Объединенного ученого совета по физико-математическим и техническим наукам при Президиуме Дальневосточного отделения РАН. В числе его учеников два доктора и десять кандидатов наук. (<http://www.iacp.dvo.ru/is/staff.php?id=1>)



*Члену редколлегии журнала профессору **КУРЕЙЧИКУ**
Виктору Михайловичу 2 ноября исполнилось 70 лет!*

Курейчик Виктор Михайлович (1945 г.р.) в 1967 году окончил Таганрогский радиотехнический институт, в 1971 году защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата технических наук, а в 1978 году защитил докторскую диссертацию. С 1982 г. - профессор, с 1982 по 1987 годы - декан факультета микроэлектроники и электронной техники, в 1987 году основал кафедру САПР, которой руководил до 1999 года. С 1993 года действительный член РАЕН. Сфера научных интересов: физическое проектирование БИС и СБИС, искусственный интеллект в САПР, генетические алгоритмы и их применение в САПР. Курейчик В.М. - научный руководитель школы «Эволюционное моделирование, генетические алгоритмы и интеллектуальные САПР». Награжден серебряной и бронзовой медалями ВДНХ за разработку промышленных САПР, медалью Академии Естественных наук РФ за научное открытие в области интеллектуальных САПР. В 1997 году ему присвоено почётное звание Заслуженный деятель науки РФ. В 1999 году награждён почётным знаком РАЕН «За заслуги в развитии науки и экономики», награждён серебряной медалью Российской академии естественных наук за открытие в области генетических алгоритмов. В 2002 году награждён медалью ордена «За заслуги перед отечеством» 2 степени. Автор более 400 публикаций, включая 15 монографий и 40 изобретений. Под его руководством подготовлены 43 кандидата и 7 докторов наук. Президент Российской Ассоциации САПР. В 2000 г. избран действительным членом академии инженерных наук Российской Федерации. С 1999 года по 2003 год - проректор по информатике и директор Ростовского областного центра новых информационных технологий. С сентября 2003 года по февраль 2012 года проректор по науке Таганрогского радиотехнического университета и заместитель руководителя по научной и инновационной деятельности Южного федерального университета. В 2012 году организовал кафедру «Дискретная математика и методы оптимизации» Южного федерального университета. ([http://sfedu.ru/www/rsu\\$persons\\$.startup?p_per_id=-3000953](http://sfedu.ru/www/rsu$persons$.startup?p_per_id=-3000953))

ПОЗДРАВЛЯЕМ НАШИХ ЮБИЛЯРОВ!

Индекс 29151

В ноябре 2015 года вышли в свет издания по онтологии проектирования, подготовленные сотрудниками СГАУ и ориентированные на магистрантов и аспирантов инженерных специальностей

Излагаются основы новой учебно-научной дисциплины: истоки онтологии проектирования, ее научный базис, терминологические соглашения, принципы проектирования, психология проектирования, онтология как спецификация концептуализации. На основе системного подхода, достигший информационных технологий и современной философии обосновывается целесообразность дальнейшего развития онтологического анализа начального этапа жизненного цикла сложных систем – этапа проектирования. В монографию вошли материалы, подготовленные автором в период 2010-2015 годов для различных международных научных конференций и журналов, в том числе для нового научного журнала «Онтология проектирования», созданного при участии автора в 2011 году. Книга может быть полезна аспирантам, научным сотрудникам, инженерам и всем тем, кого интересует суть процесса проектирования.



Николай Боргест

Введение в онтологию проектирования



Боргест Николай Михайлович, окончил Куйбышевский авиационный институт имени академика С.П. Королёва (1978), к.т.н. (1985). Профессор СГАУ, директор издательства «Новая техника», с.и.с. ИТХС РАН. Член Международной ассоциации по онтологиям и их приложениям (АОА), выпускающий редактор научного журнала «Онтология проектирования».



978-3-659-25524-3

Боргест



Важным аспектом при проектировании является онтологический анализ предметной области, суть которого заключается в структуризации и классификации сущностей, их атрибутировании, установлении связей, параметров и характеристик, разработке тезауруса. Онтологический анализ, помимо упорядочивания знаний о предметной области, также способствует повышению качества проектных работ. Курс лабораторных работ по дисциплине «Онтология проектирования» состоит из двух частей. В первой части решаются типовые проектные задачи выбора и принятия решений, во второй – осуществляется онтологический анализ предметной области на примере самолета. В качестве конструкторов и редакторов онтологий используются программные продукты Magenta (Magenta Corporation Limited) и Protegé (Стэнфордский университет США). Цель курса лабораторных работ заключается в освоении метода онтологического анализа на примерах решения проектных задач по выбору транспортных систем и их характеристик и структуризации предметной области «самолет». Задачи лабораторного практикума: ознакомиться с современными редакторами и конструкторами онтологий Protegé и Magenta; получить навыки решения проектных задач с помощью онтологических систем.

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ



Николай Боргест
Елена Симонова
Дина Шустова

Онтологический анализ решения проектных задач на примерах

Авторы методического пособия по учебной дисциплине для магистрантов «Онтология проектирования» сотрудники Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет) профессор Боргест Николай Михайлович, доцент Симонова Елена Витальевна и аспирант Шустова Дина Владимировна.



978-3-659-80522-6

Боргест, Симонова, Шустова



Ontologists and designers of all countries and subject areas, join us!



Издательство «Новая техника» - Publisher «New Engineering» Ltd
Россия, 443010, Самара, ул.Фрунзе 145 - 145, Frunze Str., Samara, 443010, Russia