

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АККРЕДИТАЦИИ ВУЗА

Яндыбаева Н. В.¹, Кушников В. А.².

(Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А., Саратов)

Предложена методика, основанная на модели Дж. Форрестера, которая позволяет осуществлять эффективный контроль качества образовательного процесса вуза. В решении задачи управления качеством используются нормированные показатели аккредитации вуза.

Ключевые слова: модель системной динамики Дж. Форрестера, образовательный процесс, высшая школа, показатели аккредитации.

1. Введение

Инновационные изменения, происходящие в обществе, переход вузов на двухуровневую систему подготовки специалистов, повышение автономности вузов, развитие негосударственного сектора выявили проблему оценки качества высшего образования. На нынешнем социально-экономическом этапе в России необходимо учитывать следующие тенденции развития системы высшего образования:

1. Усиление децентрализации государственного управления и регулирования в системе высшего профессионального образования и, как следствие, повышение автономности вузов.
2. Появление и развитие негосударственного сектора в системе высшего образования и связанное с этим усиление внимания к проблемам контроля качества предоставляемых услуг.
3. Возрастание конкуренции между вузами на фоне демографического спада.

Эти предпосылки способствуют разработке методов контроля и управления качеством образовательного процесса в вузе с учетом специфики конкретного вуза, его статуса и вида, профессорско-преподавательского состава, инновационной среды и предполагают в конечном итоге четкое разграничение полномочий головных вузов, филиалов, подразделений в плане выбора образовательной стратегии.

Основными способами контроля образовательной деятельности вуза в России являются лицензирование и аккредитация. Методические основы проведения данной экспертизы разработаны в трудах исследователей В.Г.Наводнова, В. И. Байденко, Г.Н. Мотовой, Е. Н. Геворкян и др. и подробно изложены в соответствующих нормативно-правовых документах[1].

В соответствии с действующим положением вуз обязан периодически проходить лицензионную и аккредитационную экспертизу, по результатам которой определяется его статус (университет, академия, институт) и принимается решение о продолжении деятельности в сфере образования. Критериальные показатели аккредитации для вузов различных типов приведены в таблице 1.

Между тем, как показывает практика, существующая процедура лицензирования и аккредитации вузов РФ обладает рядом особенностей, снижающих, на наш взгляд, эффективность процесса контроля и управления качеством образовательного процесса.

Экспертиза проводится один раз в пять лет, вуз к ней тщательно готовится, полученные результаты считаются неизменными на всем интервале аккредитации. При этом практически не учитываются неизбежные изменения показателей аккредитации вуза между двумя экспертизами, вызванные воздействием внешних факторов.

Оценка эффективности функционирования вуза на всем пятилетнем интервале аккредитации, полученная на основе однократного замера основных показателей его деятельности в начале данного интервала, представляется недостаточно достоверной, особенно с учетом человеческого фактора и тщательной подготовки, предшествующей проведению экспертизы. Образовательный процесс в вузе

¹ Яндыбаева Наталья Валентиновна, аспирант (nat07@inbox.ru)

² Кушников Вадим Алексеевич, доктор технических наук, профессор (Саратов, kushnikoff@yandex.ru)

характеризуется большим количеством показателей, для изменения которых требуется значительное время.

Таблица 1 Критериальные значения показателей аккредитации вузов различных типов

X_i^{ϕ}	Показатель аккредитации	Критериальное значение		
		Универ-ситет	Акаде-мия	Инс-титут
X_1	Число аспирантов на 100 студентов контингента, приведенного к очной форме обучения (чел.)	4	2	-
X_2	Среднегодовой объем научных исследований на единицу научно-педагогического персонала за пять лет (тыс. руб)	18	12	5
X_3	Среднегодовой объем финансирования научных исследований за пять лет (млн. руб)	10	5	1.5
X_4	Среднегодовой контингент обучающихся по образовательным программам профессиональной переподготовки и/или повышения квалификации (чел.)	50	20	-
X_5	Среднегодовое количество монографий на 100 основных штатных педагогических работников с учеными степенями и/или учеными званиями, изданных за 5 лет (шт.)	2	1,5	1,2
X_6	% аспирантов, защитившихся в течение года после окончания аспирантуры (от числа поступивших) (чел.)	25	25	-
X_7	% ППС с учеными степенями и /или званиями	60	60	55
X_8	% в ППС докторов наук и /или профессоров	10	10	8,5
X_9	Среднегодовое число защит диссертаций на 100 человек научно-педагогического персонала за пять лет	3	3	1
X_{10}	% ППС, работающего в вузе на штатной основе	50	50	50

Существующий методологический аппарат не дает возможность осуществить прогноз этих показателей на интервале между аккредитациями, что не позволяет руководству вуза своевременно устранить возникающие негативные тенденции и уменьшает практическую ценность проведенной экспертизы.

Вышеприведенные обстоятельства обуславливают необходимость разработки и внедрения новых математических моделей и алгоритмов, позволяющих осуществлять оценку основных показателей вуза на всем интервале его аккредитации, что позволит преодолеть указанные трудности.

2. Постановка задачи

На основе модулей, рейтингов, актов самообследования вуза рассчитываются фактические показатели аккредитации вуза $X_i^{\phi} \in \bar{x}_i^{\text{факт}}(t)$. Существуют нормативные значения показателей аккредитации $X_i^{\kappa} \in \bar{x}_i^{\text{норм}}(t)$ которые утверждены Рособрнадзором.

Формализованная постановка задачи может иметь вид:

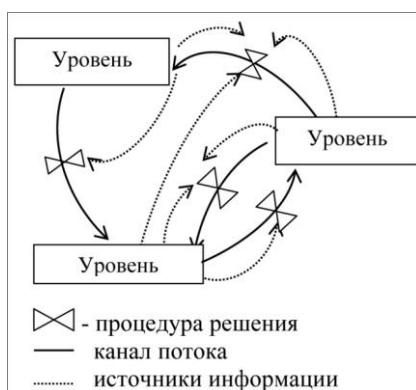
Для информационной системы контроля качества образовательного процесса в вузе разработать математическую модель, позволяющую при известных параметрах среды X_i^{ϕ} провести имитационное моделирование основных показателей аккредитационного процесса вуза, приведенных в таблице 1.

Поскольку образовательный процесс представляет собой недетерминированную, стохастичную систему, были проанализированы модели, описывающие процессы, происходящие в сложных системах. Среди них - агрегатная модель Бусленко, дискретно-непрерывная модель Глушкова, гибридная система А. Пнуэли. Они используются преимущественно для анализа непрерывно-дискретных систем. Модель Мезаровича - Пестеля позволяет анализировать сложные системы на основе теории многоуровневых иерархических систем[2,3,4]. Все вышеперечисленные модели могут использоваться для описания образовательного процесса лишь на отдельных этапах, т. к. не позволяют учитывать в полной мере особенности функционирования объекта исследований в силу его сложной, человекозависимой природы.

Для наиболее точного описания взаимосвязи элементов в образовательном процессе используем модель мировой динамики Дж. Форрестера[7].

Модель базируется на принципе системной динамики - методе изучения сложных систем с нелинейными обратными связями, разработанным Дж. Форрестером в конце 50-х годов XX века. Аналитические основы построения модели, предназначенной для имитации мировых процессов, были рассмотрены в его работах, посвященных изучению промышленных и урбанизированных систем. Методология системной динамики предполагает, что поведение системы определяется ее информационно-логической структурой. Структурная схема содержит источники усиления временных задержек и информационных обратных связей, подобных тем, которые встречаются в сложных инженерных системах[5]. Теоретическими разработками в области модификации модели Дж. Форрестера занимаются сейчас также в Институте прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН, Институте системного анализа РАН.

Базовая модель мировой динамики Дж. Форрестера «Мир-2» состоит из следующих элементов: уровней; потоков, перемещающих содержимое одного уровня к другому; процедур решений, которые регулируют темпы потока между уровнями; каналов информации, соединяющих процедуры решений с уровнями (рис.1). Для основных фазовых переменных (так называемых системных уровней) составляются дифференциальные уравнения типа (1):



$$(1) \frac{dy}{dt} = y^+ - y^-$$

где y^+ – положительный темп скорости переменной y , включающий в себя все факторы, вызывающие рост переменной y ;

y^- – отрицательный темп скорости, включающий в себя все факторы, вызывающие убывание переменной y .

Предполагается, что эти темпы расщепляются на произведение функций, зависящих только от "факторов" – комбинаций основных переменных, т.е., в свою очередь, самих являющихся функциями системных уровней:

Рис. 1. Базовая структура модели Форрестера

$$(2) y^{\pm} = g(y_1, y_2, \dots, y_n) = f(F_1, F_2, \dots, F_k) = f_1(F_1) f_2(F_2) \dots f_k(F_k)$$

где $F_j = g_j(y_{i1}, \dots, y_{im})$ – факторы, причем $m = m(j) < n$, $k = k(j) < n$ (число уровней). Т.е. факторов меньше, чем основных переменных, и каждый фактор зависит не от всех системных уровней, а только от какой-то их части. Это позволяет упростить задачу моделирования.

Динамическая структура модели представлена рядом уровней, связанных между собой управляемыми потоками (рис.1). На основании анализа причинно-следственных связей, существующих между основными показателями аккредитационного процесса, разработан знаковый орграф, приведенный на рис.2. Рассмотрим основные контуры данного орграфа, а также соответствующие им описания образовательного процесса с использованием аппарата обыкновенных дифференциальных уравнений.

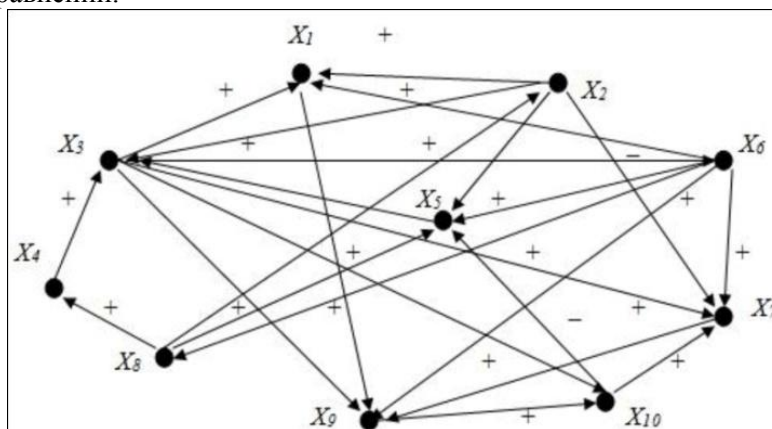


Рис.2. Знаковый орграф

The diagram illustrates the dynamics of a university's development through various stocks and flows. Key elements include:

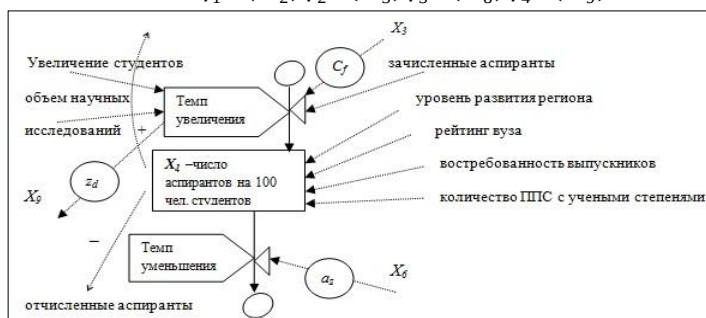
- Stocks (X):**
 - X_1 : число аспирантов на 100 чел. студентов
 - X_2 : среднегодовой объем научных исследований
 - X_3 : среднегод. объем финансирования научных исследований
 - X_4 : % защитившихся аспирантов
 - X_5 : прод. обуч.
 - X_6 : число защит диссертаций на 100 чел. научно-пед. персонала
 - X_7 : (unlabeled stock)
 - X_8 : (unlabeled stock)
 - X_9 : (unlabeled stock)
 - X_{10} : (unlabeled stock)
- Flows (Temperatures):**
 - Темп увеличения (Temperature of increase)
 - Темп уменьшения (Temperature of decrease)
- External Influences:**
 - увеличение студентов
 - рейтинг вуза
 - уровень развития региона
 - отчисленные аспиранты
 - увеличение кол-ва аспирантов
 - аспиранты, после завершения срока
 - отчисленные аспиранты
 - увеличение НИИ
 - уменьшение
- Feedback Loops:**
 - Positive Loop (Reinforcing):** Increase in students leads to an increase in the number of dissertations defended, which in turn leads to an increase in the number of students.
 - Negative Loop (Balancing):** Increase in the number of students leads to an increase in the number of dissertations defended, which leads to a decrease in the number of students.
 - Other Loops:** Similar dynamics exist for scientific research volume and its financing.

На рис.4. показан подграф системного уровня X_1 . Дифференциальное уравнение (3), описывающее взаимосвязи в уровне приведено ниже:

$$(3) \frac{dX_1}{dt} = (X_1^{T+} - X_1^{T-}) = X_1 \left(\frac{B}{X_1} - \frac{D}{X_1} \right)$$

$$D = f_1^{T^-}(X_2)f_2^{T^-}(X_3)f_3^{T^-}(X_8)f_4^{T^-}(X_9)$$

$$B = f_1^{T^+}(X_2)f_2^{T^+}(X_5)f_3^{T^+}(X_8)f_4^{T^+}(X_9)$$



Положительные и отрицательные темпы изменения фактора X_I вычисляются по формуле (4):

$$(4) \quad \begin{aligned} X_1^{T+} &= f_1^{T+}(X_2) \cdot f_2^{T+}(X_6) \cdot f_3^{T+}(X_7) \cdot f_4^{T+}(X_8) \cdot f_5^{T+}(X_9) \cdot f_6^{T+}(X_{10}) \\ X_1^{T-} &= f_1^{T-}(X_2) \cdot f_2^{T-}(X_6) \cdot f_3^{T-}(X_7) \cdot f_4^{T-}(X_8) \cdot f_5^{T-}(X_9) \cdot f_6^{T-}(X_{10}) \end{aligned}$$
$$(5) \frac{dX_2}{dt} = X_2^{T^+} - X_2^{T^-} = X_2 \left(\left(\frac{U}{P_s} \right)^+ - \left(\frac{U}{P_s} \right)^- \right)$$

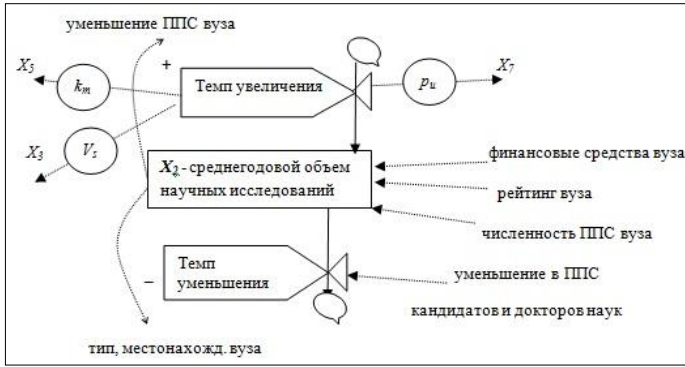


Рис.5. Подграф системного уровня X_2
численность научно-педагогического персонала (чел.),
 $U^\pm$ - положительный/отрицательный темпы изменения фактора X_2 .

Положительные и отрицательные темпы для X_2 вычисляются по формуле (6).

$$(6) \quad X_2^{T+} = f_1^{T+}(X_1) \cdot f_2^{T+}(X_3) \cdot f_3^{T+}(X_6) \cdot f_4^{T+}(X_7) \cdot f_5^{T+}(X_8) \cdot f_6^{T+}(X_9) \\ X_2^{T-} = f_1^{T-}(X_1) \cdot f_2^{T-}(X_3) \cdot f_3^{T-}(X_6) \cdot f_4^{T-}(X_7) \cdot f_5^{T-}(X_8) \cdot f_6^{T-}(X_9)$$

Для системного уровня X_3 дифференциальное уравнение (7) представлено ниже. Подграф системного уровня приведен на рис.6.

$$(7) \quad \frac{dX_3}{dt} = X_3^{T+} - X_3^{T-} = X_3 \left(\left(\frac{SK + M + S}{V} \right)^+ - \left(\frac{SK + M + S}{V} \right)^- \right)$$

где SK - средства частных компаний, фирм (млн. руб.), M - средства Минобрнауки (млн. руб.), S - собственные средства научно-педагогического персонала (млн. руб.), V - текущий объем финансирования за расчетный период (млн. руб.).

Положительные и отрицательные темпы для X_3 описываются с помощью уравнения (8).

$$(8) \quad X_3^{T+} = f_1^{T+}(X_2) \cdot f_2^{T+}(X_4) \cdot f_3^{T+}(X_6) \cdot f_4^{T+}(X_7) \cdot f_5^{T+}(X_8) \cdot f_6^{T+}(X_9) \\ X_3^{T-} = f_1^{T-}(X_2) \cdot f_2^{T-}(X_4) \cdot f_3^{T-}(X_6) \cdot f_4^{T-}(X_7) \cdot f_5^{T-}(X_8) \cdot f_6^{T-}(X_9)$$

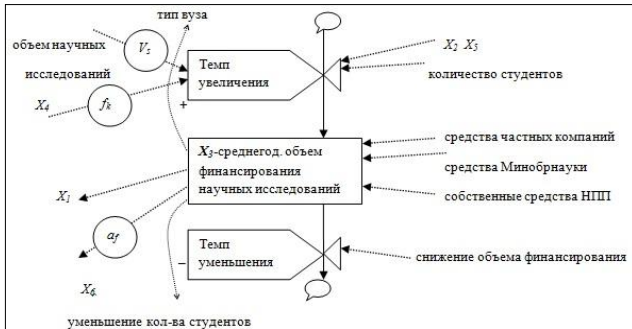


Рис.6. Подграф системного уровня X_3

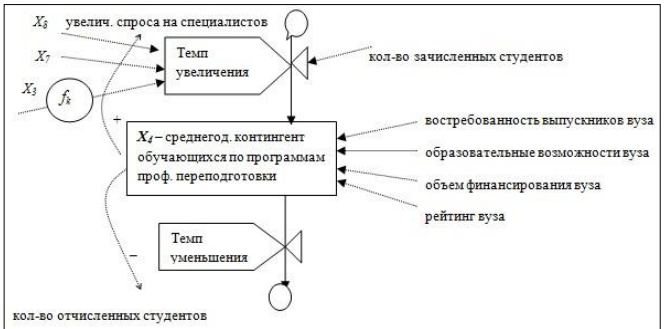


Рис.7. Подграф системного уровня X_4

Для системного уровня X_4 дифференциальное уравнение имеет вид (9). Подграф системного уровня X_4 приведен на рис.7.

$$(9) \quad \frac{dX_4}{dt} = X_4^{T+} - X_4^{T-} = X_4 \left(\left(\frac{K_z}{X_4} \right)^+ - \left(\frac{K_o}{X_4} \right)^- \right)$$

Где K_z - количество зачисленных студентов на переподготовку (чел.), K_o - количество отчисленных студентов (чел.), X_4 - текущая численность контингента студентов (чел.).

Положительные и отрицательные темпы в системном уровне можно записать следующим образом (10):

$$(10) \quad X_4^{T+} = f_1^{T+}(X_3) \cdot f_2^{T+}(X_5) \cdot f_3^{T+}(X_6) \cdot f_4^{T+}(X_7) \cdot f_5^{T+}(X_8) \\ X_4^{T-} = f_1^{T-}(X_3) \cdot f_2^{T-}(X_5) \cdot f_3^{T-}(X_6) \cdot f_4^{T-}(X_7) \cdot f_5^{T-}(X_8)$$

На рис.8. приведен фрагмент модели Форрестера, на котором изображены взаимосвязи факторов $X_5, X_7, X_8, X_9, X_{10}$.

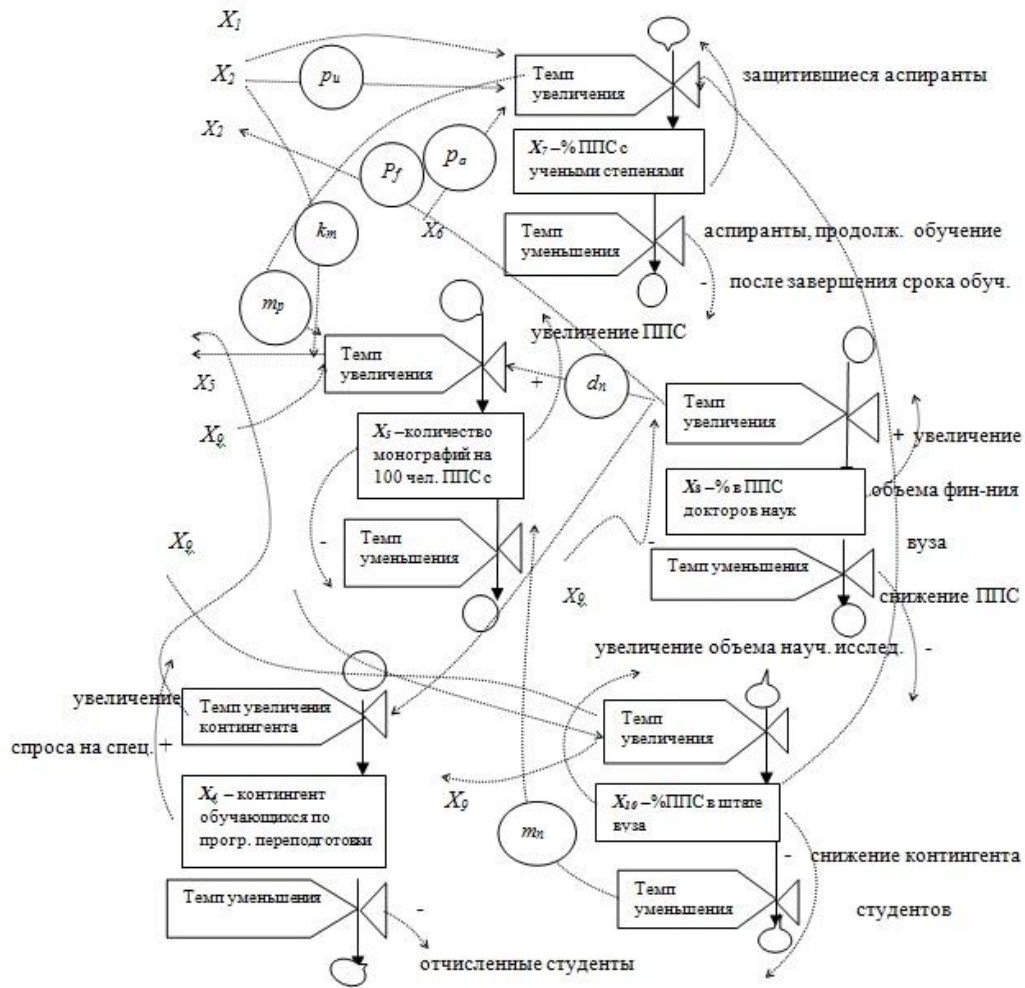
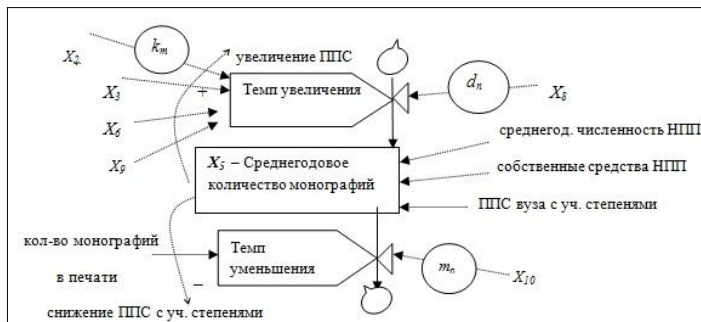


Рис.8. Фрагмент модели Форрестера с уровнями $X_5, X_7, X_8, X_9, X_{10}$

Подграф системного уровня X_5 приведен на рис. 9, дифференциальное уравнение (11) записано ниже.

$$(11) \frac{dX_5}{dt} = X_5^{T+} - X_5^{T-} = X_5 \left(\left(\frac{M_v}{P_p} \right)^+ - \left(\frac{M_p}{P_p} \right)^- \right)$$



$$M_v = \frac{M_i}{ST} \quad M_p = \frac{M_n}{ST}$$

M_i – количество изданных вузом монографий (шт.) M_n – количество монографий в печати или изданных в других вузах (шт.) M_s – среднегодовое количество монографий за расчетный период (шт.), ST – количество штатного профессорско-преподавательского состава

Рис.9. Подграф системного уровня X_5

вуза с учеными степенями (чел.), P_p – среднегодовая численность научно - педагогического персонала (чел.).

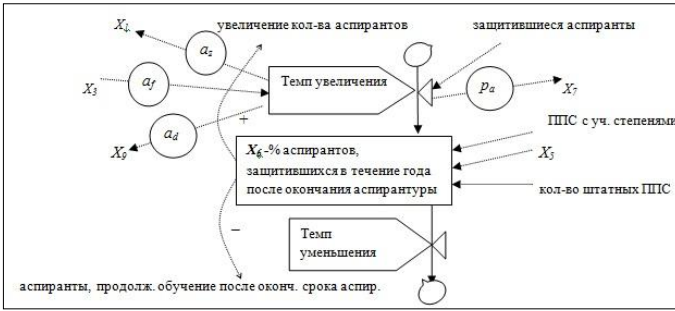
Положительные и отрицательные темпы в системном уровне можно записать следующим образом (12):

$$(12) \quad X_5^{T+} = f_1^{T+}(X_2) \cdot f_2^{T+}(X_3) \cdot f_3^{T+}(X_6) \cdot f_4^{T+}(X_7) \cdot f_5^{T+}(X_8) \cdot f_6^{T+}(X_9) \cdot f_7^{T+}(X_{10})$$

$$X_5^{T-} = f_1^{T-}(X_2) \cdot f_2^{T-}(X_3) \cdot f_3^{T-}(X_6) \cdot f_4^{T-}(X_7) \cdot f_5^{T-}(X_8) \cdot f_6^{T-}(X_9) \cdot f_7^{T-}(X_{10})$$

Подграф системного уровня X_6 приведен на рис.10. Дифференциальное уравнение (13) для уровня записано ниже:

$$(13) \frac{dX_6}{dt} = X_6^{T+} - X_6^{T-} = X_6 \left(\left(\frac{A_z}{B} \right)^+ - \left(\frac{A_d}{B} \right)^- \right)$$



Где A_d – количество аспирантов, продолжающих обучение после истечения срока аспирантуры (чел.),
 A_z – количество защитившихся аспирантов после окончания аспирантуры (чел.),
 B – среднегодовое количество зачисленных аспирантов (чел.).
 Положительные и отрицательные темпы вычисляются по формуле (14).

Подграф системного уровня X_7 изображен на

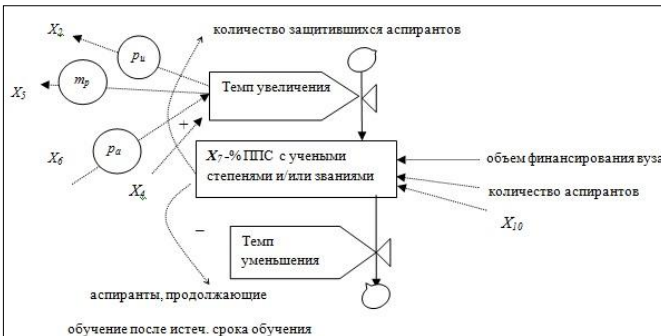
Рис.10. Подграф системного уровня X_6

рис.11.

$$(14) \begin{aligned} X_6^{T+} &= f_1^{T+}(X_1) \cdot f_2^{T+}(X_2) \cdot f_3^{T+}(X_3) \cdot f_4^{T+}(X_5) \cdot f_5^{T+}(X_7) \cdot f_6^{T+}(X_8) \cdot f_7^{T+}(X_9) \cdot f_8^{T+}(X_{10}) \\ X_6^{T-} &= f_1^{T-}(X_1) \cdot f_2^{T-}(X_2) \cdot f_3^{T-}(X_3) \cdot f_4^{T-}(X_5) \cdot f_5^{T-}(X_7) \cdot f_6^{T-}(X_8) \cdot f_7^{T-}(X_9) \cdot f_8^{T-}(X_{10}) \end{aligned}$$

Дифференциальное уравнение уровня имеет вид (15).

$$(14) \frac{dX_7}{dt} = X_7^{T+} - X_7^{T-} = X_7 (K_k - K_n)$$



$$K_k = \left(\frac{KN + KP}{KS} \right)^+ \quad K_n = \left(\frac{KN + KP}{KS} \right)^-$$

Где K_n – количество профессорско-преподавательского состава с учеными степенями и званиями на начало расчетного периода (чел.), K_k – количество профессорско-преподавательского состава с учеными степенями и званиями на конец расчетного периода (чел.), KN – количество кандидатов наук на начало расчетного периода (чел.), KP –

Рис.11. Подграф системного уровня X_7

количество докторов наук, профессоров (чел.), KS – общая численность профессорско-преподавательского состава вуза (чел.).

Положительные и отрицательные темпы вычисляются по формуле (16):

$$(16) \begin{aligned} X_7^{T+} &= f_1^{T+}(X_1) \cdot f_2^{T+}(X_2) \cdot f_3^{T+}(X_3) \cdot f_4^{T+}(X_5) \cdot f_5^{T+}(X_6) \cdot f_6^{T+}(X_7) \cdot f_7^{T+}(X_8) \cdot f_8^{T+}(X_9) \\ X_7^{T-} &= f_1^{T-}(X_1) \cdot f_2^{T-}(X_2) \cdot f_3^{T-}(X_3) \cdot f_4^{T-}(X_5) \cdot f_5^{T-}(X_6) \cdot f_6^{T-}(X_7) \cdot f_7^{T-}(X_8) \cdot f_8^{T-}(X_9) \end{aligned}$$

Подграф системного уровня X_8 приведен на рис. 10. Уравнение уровня будет иметь вид (17):

$$(17) \frac{dX_8}{dt} = X_8^{T+} - X_8^{T-} = X_8 \left(\left(\frac{KP_k}{X_8} \right)^+ - \left(\frac{KP_n}{X_8} \right)^- \right)$$

Где KP_n – количество докторов наук, профессоров на начало расчетного периода (чел.),
 KP_k – количество докторов наук, профессоров на конец расчетного периода (чел.), X_8 – среднегодовая численность профессоров в вузе (чел.).

Положительные и отрицательные темпы в уровне вычисляются по формуле (18):

$$(18) \begin{aligned} X_8^{T+} &= f_1^{T+}(X_1) \cdot f_2^{T+}(X_2) \cdot f_3^{T+}(X_3) \cdot f_4^{T+}(X_4) \cdot f_5^{T+}(X_5) \cdot f_6^{T+}(X_7) \cdot f_7^{T+}(X_9) \cdot f_8^{T+}(X_{10}) \\ X_8^{T-} &= f_1^{T-}(X_1) \cdot f_2^{T-}(X_2) \cdot f_3^{T-}(X_3) \cdot f_4^{T-}(X_4) \cdot f_5^{T-}(X_5) \cdot f_6^{T-}(X_7) \cdot f_7^{T-}(X_9) \cdot f_8^{T-}(X_{10}) \end{aligned}$$

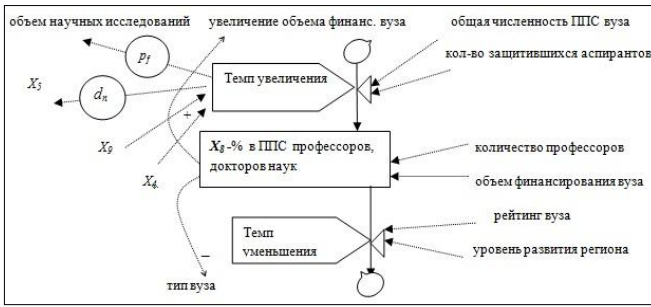


Рис.12. Подграф системного уровня X_8

Здесь D_z - количество защит докторских диссертаций (шт.), K_z - количество защит кандидатских диссертаций (шт.), KS - количество научно-педагогического персонала (чел.), X_9 - среднегодовое число защит диссертаций на 100 чел. научно-педагогического персонала (шт./чел.),

Положительные и отрицательные темпы вычисляются по формуле (20):

$$(20) \quad X_9^{T+} = f_1^{T+}(X_1) \cdot f_2^{T+}(X_2) \cdot f_3^{T+}(X_3) \cdot f_4^{T+}(X_6) \cdot f_5^{T+}(X_7) \cdot f_6^{T+}(X_8) \cdot f_7^{T+}(X_{10})$$

$$X_9^{T-} = f_1^{T-}(X_1) \cdot f_2^{T-}(X_2) \cdot f_3^{T-}(X_3) \cdot f_4^{T-}(X_6) \cdot f_5^{T-}(X_7) \cdot f_6^{T-}(X_8) \cdot f_7^{T-}(X_{10})$$

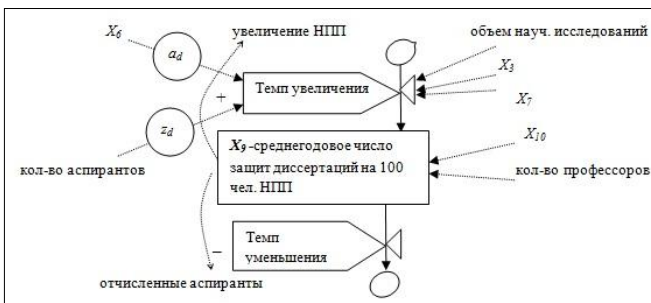


Рис.13. Подграф системного уровня X_9

Подграф системного уровня X_9 приведен на рис.12. Уравнение зависимости имеет вид (19).

$$(19) \quad \frac{dX_9}{dt} = X_9^{T+} - X_9^{T-} = X_9 \left(\left(\frac{Z}{X_9} \right)^+ - \left(\frac{Z}{X_9} \right)^- \right)$$

$$Z = \left(\frac{D_z + K_z}{KS} \right)$$

Для системного уровня X_{10} дифференциальное уравнение (21) запишем следующим образом:

$$(21) \quad \frac{dX_{10}}{dt} = X_{10}^{T+} - X_{10}^{T-} =$$

$$= X_{10} \left(\left(\frac{S_k}{X_{10}} \right)^+ - \left(\frac{S_n}{X_{10}} \right)^- \right)$$

$$S_k = \frac{ST}{KS} \quad S_n = \frac{ST}{KS}$$

Где S_n, S_k - % профессорско-преподавательского состава в вузе, работающего на штатной основе на начало/конец расчетного периода (чел.), ST - количество штатных преподавателей (чел.), KS - общее количество научно-педагогического персонала (чел.), X_{10} - среднегодовое количество штатного профессорско-преподавательского состава от общего количества научно-педагогического персонала. Положительные и отрицательные темпы вычисляются по формуле (22):

$$(22) \quad X_{10}^{T+} = f_1^{T+}(X_1) \cdot f_2^{T+}(X_2) \cdot f_3^{T+}(X_3) \cdot f_4^{T+}(X_4) \cdot f_5^{T+}(X_6) \cdot f_6^{T+}(X_7) \cdot f_7^{T+}(X_8) \cdot f_8^{T+}(X_9)$$

$$X_{10}^{T-} = f_1^{T-}(X_1) \cdot f_2^{T-}(X_2) \cdot f_3^{T-}(X_3) \cdot f_4^{T-}(X_4) \cdot f_5^{T-}(X_6) \cdot f_6^{T-}(X_7) \cdot f_7^{T-}(X_8) \cdot f_8^{T-}(X_9)$$

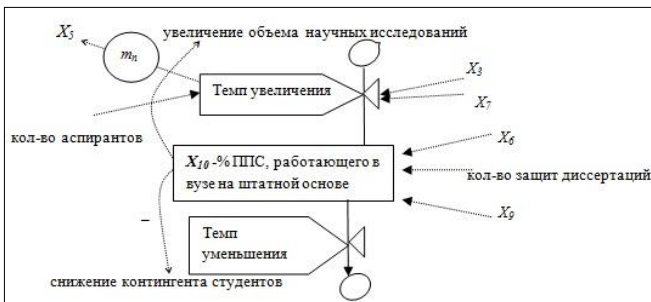


Рис.14. Подграф системного уровня X_{10}

течение года после окончания аспирантуры (X_1 от X_6);

V_s - множитель зависимости объема финансирования от объема научных исследований (X_3 от X_2);

k_m - множитель зависимости количества монографий от объема научных исследований (X_5 от X_2);

p_u - множитель зависимости количества ППС с учеными степенями и званиями от объема научных исследований (X_7 от X_2);

f_k - множитель зависимости объема финансирования научных исследований от контингента обучающихся по программам профессиональной переподготовки (X_3 от X_4);

a_f - множитель зависимости % аспирантов, защитившихся в течении года после окончания аспи-

Подграф системного уровня приведен на рис.14. В разработанной модели используются также множители зависимости одних факторов от других, которые задаются в форме линейных таблиц:

z_d - множитель зависимости числа аспирантов от числа защит диссертаций (X_1 от X_9);

C_f - множитель зависимости числа аспирантов от объема финансирования (X_2 от X_3);

a_z - множитель зависимости количества аспирантов от % аспирантов, защитившихся в

рантуры от объема финансирования научных исследований (X_6 от X_3);
 d_n – множитель зависимости количества монографий от % в ППС профессоров (X_5 от X_8);
 m_n – множитель зависимости количества монографий от количества штатных преподавателей (X_5 от X_{10}); p_a – множитель зависимости % ППС с учеными степенями и званиями от % аспирантов, защитившихся в течении года после окончания аспирантуры (X_7 от X_6);
 a_d – множитель зависимости среднегодового количества защит диссертаций от % аспирантов, защитившихся в течении года после окончания аспирантуры (X_9 от X_6);
 m_p – множитель зависимости количества монографий от % ППС с учеными степенями и званиями (X_5 от X_7);
 p_f – множитель зависимости объема научных исследований от % в ППС профессоров, докторов наук (X_2 от X_7).

3. Практическая реализация разработанной модели

Рассмотрим нормированные относительно критериальных показатели аккредитации института X_i^ϕ за пять лет. Значения показателей приведены в таблице 2.

Таблица 2. Нормированные показатели аккредитации института за 2005-2009 гг.

Годы	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
2005	0,63	0,39	0,34	0,1	0,081	0,7	0,49	0,049	0,242	0,65
2006	0,66	0,42	0,53	0,18	0,061	0,63	0,51	0,068	0,211	0,72
2007	0,71	0,51	0,72	0,15	0,082	0,78	0,36	0,061	0,204	0,67
2008	0,78	0,4	0,79	0,21	0,06	0,56	0,48	0,068	0,208	0,79
2009	0,76	0,48	0,55	0,3	0,07	0,6	0,4	0,064	0,192	0,88

Графики множителей a_z , C_f представлены на рис. 15 и рис.16.

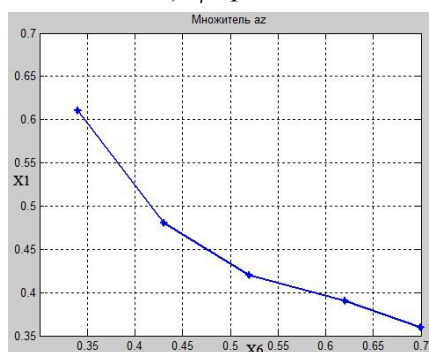


Рис.15. График множителя a_z

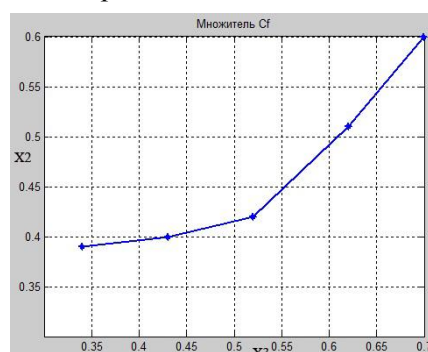


Рис.16. График множителя C_f

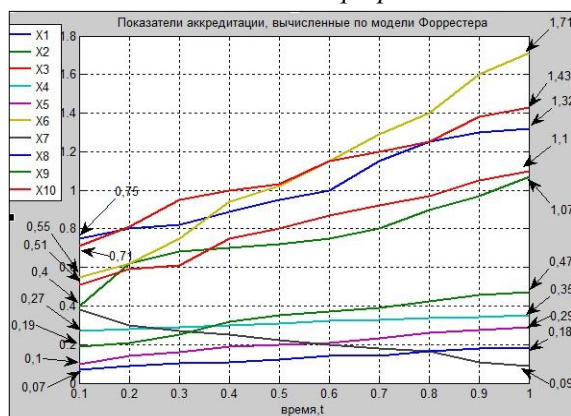


Рис.17. Расчетные показатели аккредитации

Вид кривой множителя C_f обусловлен тем, что увеличение финансирования в рассматриваемый период -2005-2008 гг. привело к увеличению количества аспирантов на 100 человек контингента студентов всех форм обучения. Начальные условия в расчетах $x_{0i} = X_i^\phi$ – нормированные показатели аккредитации института в 2009 году. Показатели аккредитации института на интервале $[0;1]$ – 1 год, рассчитанные в *MatLab* с использованием разработанной математической модели приведены на рис.17. Далее производится сравнение показателей регрессионной модели[6], и назначаемых экспертами эвристически. На рис.18 показаны графики сравнения

для показателей X_1 , X_2 на интервале $[0;1]$ -1 год, на которых функция $H(t)$ представляет собой зависимость, определяемую опытным путем. Из анализа построенных зависимостей можно сделать вывод, что существующие расхождения в значениях показателей, вычисленных по модели Форрестера, регрессионной модели и назначаемые ЛПР на основе собственного опыта, незначительны и их можно считать достоверными.

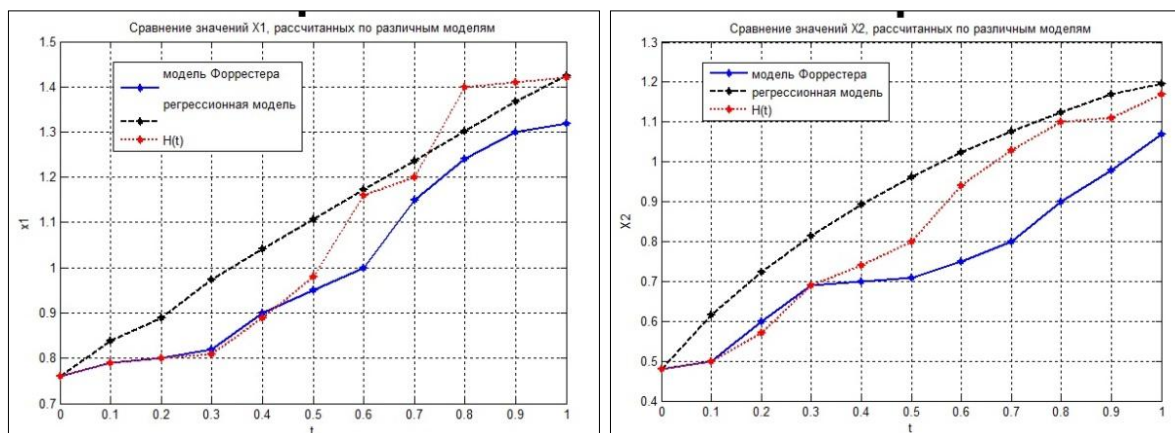


Рис. 18. Сравнение значений факторов X_1 и X_2 , рассчитанных по различным моделям

4. Заключение

Математическая модель, разработанная на основе модели системной динамики наглядно иллюстрирует структуру причинно-следственных связей в системе - образовательном процессе вуза. Вместе с тем нельзя не упомянуть и о недостатках модели: некоторые зависимости в ней не всегда поддаются точному анализу, сложно отследить систему обратных связей. Для верификации модели используется аппарат регрессионного анализа. Управление образовательным процессом вуза осуществляется путем выбора оптимальной комбинации показателей аккредитации таким образом, чтобы минимизировать отклонения значений показателей, вычисленных тремя методами.

Таким образом, разработанная математическая модель позволяет учитывать особенности образовательного процесса как сложной системы и отслеживать качество процесса в любой дискретный момент времени.

Литература

1. Об утверждении Положения о лицензировании образовательной деятельности [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 31.03.2009 г. № 277. URL:<http://nica.ru/accred/> (Дата обращения 12.01.2011).
2. БУСЛЕНКО Н. П. Моделирование сложных систем. Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука».- М.: 1968.
3. РОМАНОВ В. Н. Системный анализ для инженеров. - СПб.: - СЗГЗТУ. 2006.
4. СОВЕТОВ Б. Я., ЯКОВЛЕВ С. А. Моделирование систем.— 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 2001.
5. ФОРРЕСТЕР ДЖ. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика).-М.: Издательство «Прогресс».1971. 325 с.
6. ЯНДЫБАЕВА Н. В., КУШНИКОВ В.А. Управление образовательным процессом вуза на основе модели Форрестера / Вестник Саратовского государственного технического университета. — 2011. — № 2(55), с. 172-176.
7. JAY W. FORRESTER. World dynamics. Cambridge, Massachusetts, Wright -Alien Press, Inc. 1971, P.176.

MATHEMATICAL MODEL FOR THE PREDICTION OF PERFORMANCE OF HIGHER SCHOOL ACCREDITATION

Yandybaeva Natalya Valentinovna - Saratov State Technical University, Postgraduate (nat07@inbox.ru)

Kushnikov Vadim Alekseyevich - Saratov State Technical University, Doctor of Technical Sciences, Professor (kushnikoff@yandex.ru)

Abstract: The article shows the method based on Forrester model. This methods helps to effective control of the quality of the educational process of the higher school. The accreditation indicators are used in the educational control of the higher school.

Keywords: The system dynamics model of J. Forrester, the educational process, the higher school, accreditation indications.