

Найденов Алексей Сергеевичкандидат экономических наук, научный сотрудник
Института экономики Уральского отделения
Российской академии наук**Найденова Алина Абриковна**стажер-исследователь Института экономики
Уральского отделения Российской академии наук**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ВОСПРОИЗВОДСТВА
ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ [1]****Аннотация:**

Предметом исследования в статье является совокупность организационно-экономических отношений, возникающих в процессе управления воспроизводством инженерных кадров. Предложена модель эффективности процесса воспроизводства инженерных кадров, учитывающая взаимосвязь узловых параметров воспроизводства инженерных кадров с позиции его эффективности. В качестве целевой функции применяется максимизация объема отгруженной инновационной продукции, предполагающей высокую долю квалифицированного технического и инженерного труда, а также общего объема отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами. Модель апробирована на субъектах Российской Федерации. Рассматриваемая модель позволяет построить дерево управленческих траекторий, максимизирующих целевую функцию вследствие управленческого воздействия на узловые элементы системы воспроизводства инженерных кадров. Преимущество предложенной модели состоит в том, что она способствует поиску решений ряда ключевых для системы воспроизводства инженерных кадров управленческих задач, включая построение системы непрерывной образовательной подготовки кадров на всем протяжении подготовки современного высококвалифицированного инженера, а также позволяет определить кадровые потребности и создать предпосылки для их удовлетворения за счет структурной корректировки процесса воспроизводства инженерных кадров.

Ключевые слова:

инженерное образование, воспроизводство инженерных кадров, моделирование, инновационная продукция, непрерывная образовательная подготовка кадров, высококвалифицированные инженерные кадры.

Naydyonov Alexey SergeevichPhD in Economics, Research Fellow,
Institute of Economics, Ural branch of
the Russian Academy of Sciences**Naydyonova Alina Abrikovna**Research Intern, Institute of Economics,
Ural branch of the Russian Academy of Sciences**MODELLING OF
THE ENGINEERING PERSONNEL
REPRODUCTION [1]****Summary:**

The study considers a set of organizational and economic relations arising in the process of engineering personnel reproduction management. The authors propose the efficiency model of the engineering personnel reproduction which takes into account the interrelation of the key properties of the engineering staff reproduction from the standpoint of its effectiveness. The objective function is applied to maximize the volume of supplied innovative products. It involves a high rate of skilled technical and engineering labor as well as the total volume of own-produced goods dispatched, works and services provided by themselves. This model has been tested in the constituent entities of the Russian Federation. The model under review allows one to construct a management paths tree maximizing the objective function due to administrative influence on the key elements of the system of engineering personnel reproduction. The advantage of the model proposed is the fact that it facilitates the search for solutions to a number of key management tasks, including the creation of a continuing education system when training a modern highly skilled engineer. Besides, the model determines the demand for engineers and lays the groundwork for its satisfaction through the structural adjustment to the process of engineering personnel reproduction.

Keywords:

engineering education, engineering personnel reproduction, modelling, innovative products, continuing education of personnel, highly skilled engineers.

Выполнение задачи совершенствования системы управления воспроизводством инженерных кадров должно опираться на научно обоснованные решения о целесообразности тех или иных мер, их эффективности, а также прогнозируемые последствия. В связи с этим представляется целесообразной разработка модели, учитывающей комплексное взаимодействие различных параметров, описывающих текущее состояние системы воспроизводства инженерных кадров, характер и величину влияния одних параметров на другие.

Указанная модель направлена на решение задачи оптимизации управления процессом воспроизводства инженерных кадров и опирается на существующие и апробированные подходы к решению подобного класса задач [2]. При этом методологической базой являются работы, предметом исследования которых выступает моделирование общественного воспроизводства в

целом [3] и трудового потенциала в частности [4], в том числе в контексте обеспечения воспроизводства интеллектуального капитала [5].

При этом целесообразно выделить целевую функцию, которая в дальнейшем позволила бы определить наиболее перспективные направления расходования имеющихся ресурсов на совершение управляющего воздействия в отношении отдельных узлов системы воспроизводства инженерных кадров исходя из выбранного целевого ориентира.

Таким образом, предлагаемая в рамках исследования модель направлена на решение следующих ключевых задач:

- выявить провалы в системе воспроизводства инженерных кадров, когда изменение значимых факторов не приводит к должному изменению зависимой переменной;
- определить наиболее перспективные направления воздействия на сложившийся механизм воспроизводства с целью повышения результирующих показателей.

Основой предлагаемой комплексной модели является система одновременных уравнений, что обусловлено двумя ключевыми обстоятельствами:

- При решении подобного рода задач приходится учитывать взаимосвязь и взаимодействие переменных, которые не являются независимыми, что характерно для обычных эконометрических моделей.

- Взаимодействие переменных (зачастую нелинейное) затрудняет однозначное отнесение тех или иных переменных к объясняющим (независимым) и объясняемым (зависимым).

В связи с этим при моделировании используется система рекурсивных уравнений: зависимая переменная одного уравнения является объясняющей для зависимых переменных в последующих уравнениях регрессии. Указанные линейные уравнения характеризуют взаимозависимость отдельных узловых параметров воспроизводственного процесса, эффективность которого определяется целевой результирующей функцией, определяемой, в свою очередь, результирующими параметрами (см. рисунок 1). В качестве таких результирующих параметров используются следующие:

- объем отгруженной инновационной продукции по видам экономической деятельности, предполагающим высокую и среднюю долю квалифицированного технического и инженерного труда ($RevenueInnovTotal$);
- объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами ($RevenueTotal$).

При построении системы уравнений используется значительное количество различных факторов, которые в большей или меньшей степени оказывают влияние на формирование текущих тенденций в сфере воспроизводства инженерных кадров. Вместе с тем необходимо выделить в качестве исходных узловых параметров, определяющих динамику воспроизводственного процесса и используемых для целей управления процессом воспроизводства, следующие переменные, выявленные в результате анализа теоретических и эмпирических работ российских и зарубежных авторов:

1) прием студентов и аспирантов в учреждения среднего ($StudentsEnterSPO$), высшего ($StudentsEnterVPO$) и послевузовского ($StudentsEnterPVO$) профессионального образования – модель учитывает влияние распределения по группам направлений и отдельным направлениям, а также по группам специальностей и отдельным специальностям (в разрезе субъектов Российской Федерации), чел.;

2) выпуск студентов и аспирантов среднего ($StudentsIssueSPO$), высшего ($StudentsIssueVPO$) и послевузовского ($StudentsIssuePVO$) профессионального образования – модель учитывает влияние распределения по группам направлений и отдельным направлениям, а также по группам специальностей и отдельным специальностям (в разрезе субъектов Российской Федерации), чел.;

3) интегральный показатель качества преподавательского (в случае учреждений среднего и высшего профессионального образования) и научно-руководящего (в случае учреждений послевузовского профессионального образования) состава, который формируется за счет учета следующих аналитических показателей: $LecturersQualitySPO$, $LecturersQualityVPO$, $LecturersQualityPVO$ – среднее, высшее и послевузовское профессиональное образование технического профиля соответственно;

- общая численность преподавателей, чел. ($LecturersTotalSPO$, $LecturersTotalVPO$, $LecturersTotalPVO$ – среднее, высшее и послевузовское профессиональное образование технического профиля соответственно);

- доля среди преподавателей лиц, имеющих высшее образование, % (для учреждений среднего профессионального образования) ($LecturersHigherSPO$ – среднее профессиональное образование технического профиля);

- количество преподавателей, имеющих ученую степень кандидата наук, чел. ($LecturersPhdSPO$, $LecturersPhdVPO$, $LecturersPhdPVO$ – среднее, высшее и послевузовское профессиональное образование технического профиля соответственно);

– количество преподавателей, имеющих ученую степень доктора наук, чел. (LecturersDocSPO, LecturersDocVPO, LecturersDocPVO – среднее, высшее и послевузовское профессиональное образование технического профиля соответственно);

– доля среди преподавателей лиц, прошедших повышение квалификации и профессиональную переподготовку, % (LecturersQualSPO, LecturersQualVPO, LecturersQualPVO – среднее, высшее и послевузовское профессиональное образование технического профиля соответственно);

– количество иностранных преподавателей, чел. (LecturersForeignSPO, LecturersForeignVPO, LecturersForeignPVO – среднее, высшее и послевузовское профессиональное образование технического профиля соответственно);

4) число аспирантов (соискателей), чел. (по техническим наукам) (AspirantsTotal);

5) число докторантов, чел. (по техническим наукам) (DoctorsTotal);

6) выпуск из аспирантуры, чел. (AspirantsIssue);

7) численность лиц, защитивших кандидатские диссертации, чел. (по техническим наукам) (AspirantsQual);

8) численность лиц, защитивших докторские диссертации, чел. (по техническим наукам) (DoctorsQual);

9) число организаций, имеющих аспирантуру, ед. (по техническим наукам) (OrgAspirant);

10) число организаций, имеющих докторантуру, ед. (по техническим наукам) (OrgDoctor);

11) число диссертационных советов (по защитам кандидатских диссертаций), ед. (по техническим наукам) (OrgDisAspirant);

12) число диссертационных советов (по защитам докторских диссертаций), ед. (по техническим наукам) (OrgDisDoctor);

13) объем средств образовательных учреждений, р. (в разрезе среднего (FinanceSPO), высшего (FinanceVPO) и послевузовского (FinancePVO) профессионального образования, по техническим наукам);

14) общее количество исследователей по инженерным (техническим) наукам, чел. (ScientistsCountTech);

15) количество созданных передовых производственных технологий, ед. (под передовыми производственными технологиями понимаются «технологии и технологические процессы (включая необходимое для их реализации оборудование), управляемые с помощью компьютера или основанные на микроэлектронике и используемые при проектировании, производстве или обработке продукции (товаров и услуг)» [6]) (NewTechCreated);

16) количество используемых производственных технологий, ед. (NewTechUsed);

17) количество неквалифицированных работников (на предприятиях промышленного производства и задействованных в инженерном или техническом труде), чел. (LaborUnqual);

18) количество работников среднего уровня квалификации (на предприятиях промышленного производства и задействованных в инженерном или техническом труде), чел. (LaborMiddle);

19) численность работников высшего уровня квалификации (инженеров с высшим образованием, степенью), чел. (LaborHigher);

20) средняя заработная плата на рынке труда:

– неквалифицированных работников технического труда, р. (SalaryUnqual);

– работников среднего уровня квалификации (техников и инженеров), р. (SalaryMiddle);

– работников высшего уровня квалификации (инженеров), р. (SalaryHigher);

21) потребности предприятий в сотрудниках:

– неквалифицированных работников технического труда, чел. (LaborDemandUnqual);

– работниках среднего уровня квалификации (техниках и инженерах), чел. (LaborDemandMiddle);

– работниках высшего уровня квалификации (инженерах), чел. (LaborDemandHigher).

Ключевыми информационными источниками статистических данных (за период с 2009 по 2016 г.) являются:

1. Центральная база статистических данных Федеральной службы государственной статистики [7].

2. Выборочное обследование организаций (без субъектов малого предпринимательства) по профессиональным группам на основе Общероссийского классификатора занятий (ОКЗ), Общероссийского классификатора профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов (ОКПДТР) (предоставляется по запросу в ФСГС).

3. Унифицированные формы федерального статистического наблюдения № СПО-1 «Сведения об образовательной организации, осуществляющей образовательную деятельность по образовательным программам среднего профессионального образования» (предоставляется по запросу в ФСГС).

4. Унифицированные формы федерального статистического наблюдения № ВПО-1 «Сведения об образовательной организации, осуществляющей образовательную деятельность по образовательным программам высшего профессионального образования» (предоставляется по запросу в ФСГС).

5. Форма № 1-НК «Сведения о работе аспирантуры и докторантуры» (предоставляется по запросу в ФСГС).

6. Форма № 1-Т «О численности и потребности организаций в работниках по профессиональным группам».

В качестве примера построения функции зависимости выпуска обучающихся из учреждений среднего профессионального образования можно привести следующую:

$$\text{Выпуск}_{\text{кол}}^{\text{СПО}} = f(\text{Рейтинг}_{\text{ИТК}}^{\text{СПО}}, \text{ЗП}_{\text{ИТК}}^{\text{СПО}}, \text{ГЗ}_{\text{ИТК}}^{\text{СПО}}, \text{Стип}_{\text{ИТК}}^{\text{СПО}}, \text{Фин}_6^{\text{СПО}}, \text{Фин}_{\text{внеб}}^{\text{СПО}}, \text{Стоим}_{\text{обуч}}^{\text{СПО}}),$$

где $\text{Выпуск}_{\text{кол}}^{\text{СПО}}$ – выпуск обучающихся из учреждений среднего профессионального образования по специальностям инженерно-технической направленности, чел.;

$\text{Рейтинг}_{\text{ИТК}}^{\text{СПО}}$ – рейтинг инженерных и технических профессий среди абитуриентов (популярность инженерных профессий на основе социологических данных о предпочтениях абитуриентов в выборе учебного заведения среднего профессионального образования и направления обучения);

$\text{ЗП}_{\text{ИТК}}^{\text{СПО}}$ – заработная плата технических специалистов, имеющих среднее специальное образование, по отношению к среднему уровню заработной платы;

$\text{ГЗ}_{\text{ИТК}}^{\text{СПО}}$ – государственный заказ по специальностям инженерно-технической направленности (количество бюджетных мест) в учреждениях среднего профессионального образования, чел.;

$\text{Стип}_{\text{ИТК}}^{\text{СПО}}$ – величина выплачиваемой стипендии в учреждениях среднего профессионального образования по отношению к среднему уровню заработной платы, отн. ед.

$\text{Фин}_6^{\text{СПО}}$ – объем средств образовательных учреждений среднего профессионального образования, выделяемых из бюджетных источников финансирования;

$\text{Фин}_{\text{внеб}}^{\text{СПО}}$ – объем средств образовательных учреждений среднего профессионального образования, привлекаемых из внебюджетных источников финансирования;

$\text{Стоим}_{\text{обуч}}^{\text{СПО}}$ – стоимость обучения в учреждениях среднего профессионального образования.

На рисунке 1 представлена укрупненная схема формирования узловых точек, определяемых как результирующее значение функции от независимых переменных. Схема демонстрирует участие в формировании системы уравнений управленческих параметров, на которые возможно воздействовать посредством прямых управленческих решений.

Другие факторы, которые мы не относим к числу управленческих, но учитываем при моделировании, являются дополнительными параметрами, включение которых позволяет повысить качество модели и ее генерализующую способность, а также более точно оценить коэффициенты значимости управленческих факторов с учетом влияния прочих параметров.

Использование модели позволяет оценить итоговое влияние отдельных управленческих мер со стороны органов государственной власти, других акторов, вовлеченных в процесс управления системы воспроизводства инженерных кадров, на характер и динамику развития системы воспроизводства инженерных кадров.

На рисунке 2 представлены результаты моделирования взаимосвязи узловых параметров воспроизводства инженерных кадров с позиции эффективности целевой функции.

Преимущество использования предложенной модели состоит в том, что она способствует поиску решений ряда ключевых для системы воспроизводства инженерных кадров задач:

– выстроить систему непрерывной образовательной подготовки кадров на всем протяжении подготовки современного высококвалифицированного инженера;

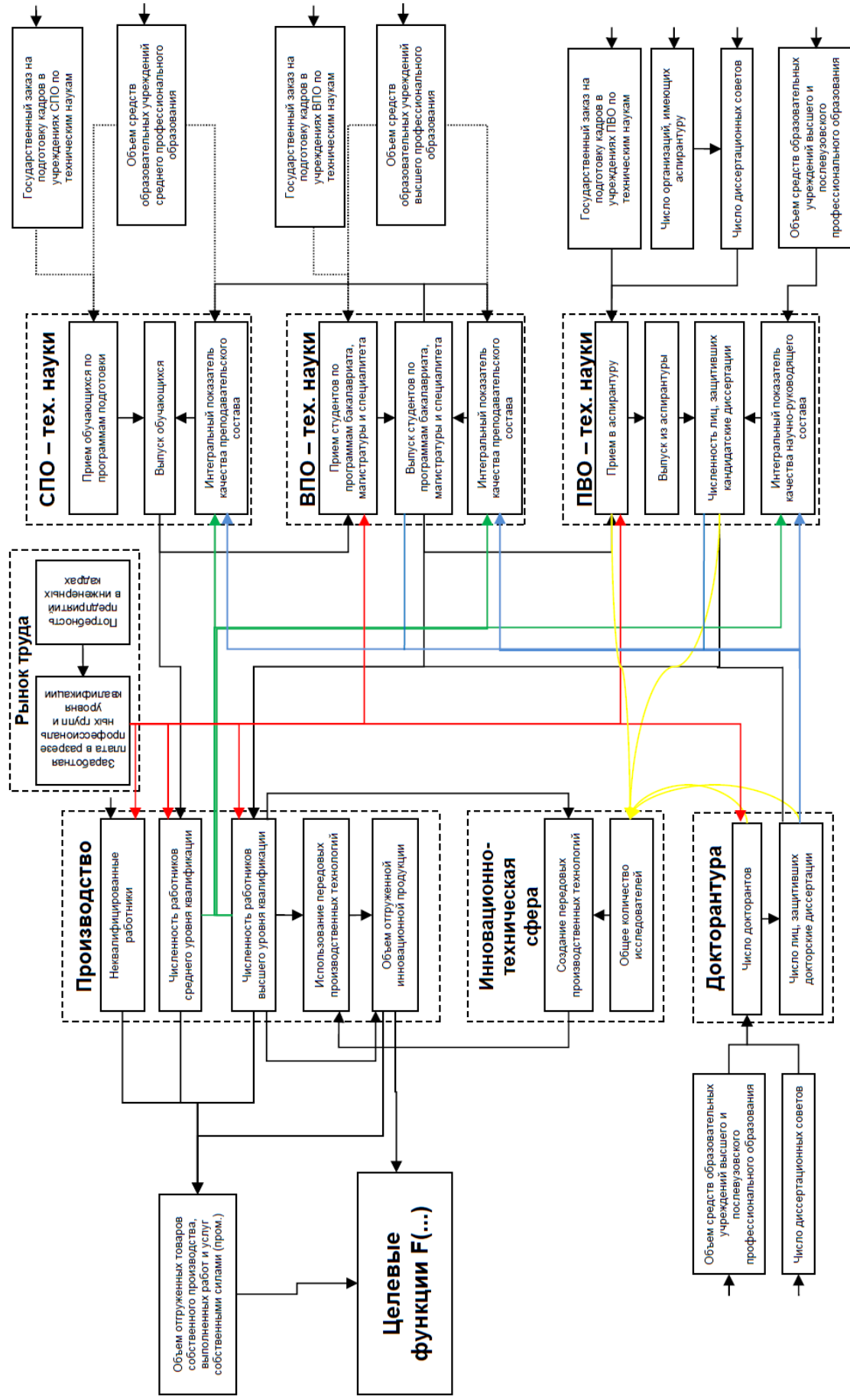
– развить на базе проектно- и практико-ориентированного подхода совокупность компетенций, отвечающих вызовам научно-технического развития промышленного производства на сегодняшний день;

– разработать инструменты интеграции сферы образования и промышленного производства в рамках производственно-образовательных кластеров и инновационных площадок;

– расширение научно-исследовательской работы, направленной на развитие технологической базы российского промышленного производства за счет решения опытно-конструкторских и инженерных задач;

– определить кадровые потребности и создать предпосылки для их удовлетворения за счет структурной корректировки процесса воспроизводства инженерных кадров;

– создать условия для закрепления высококвалифицированных инженерных кадров в промышленном секторе экономики.



Примечание. Модель выполнена в разрезе инженерных специальностей, направлений подготовки и профессий

Рисунок 1 – Схема модели эффективности воспроизводства инженерных кадров в разрезе узловых параметров

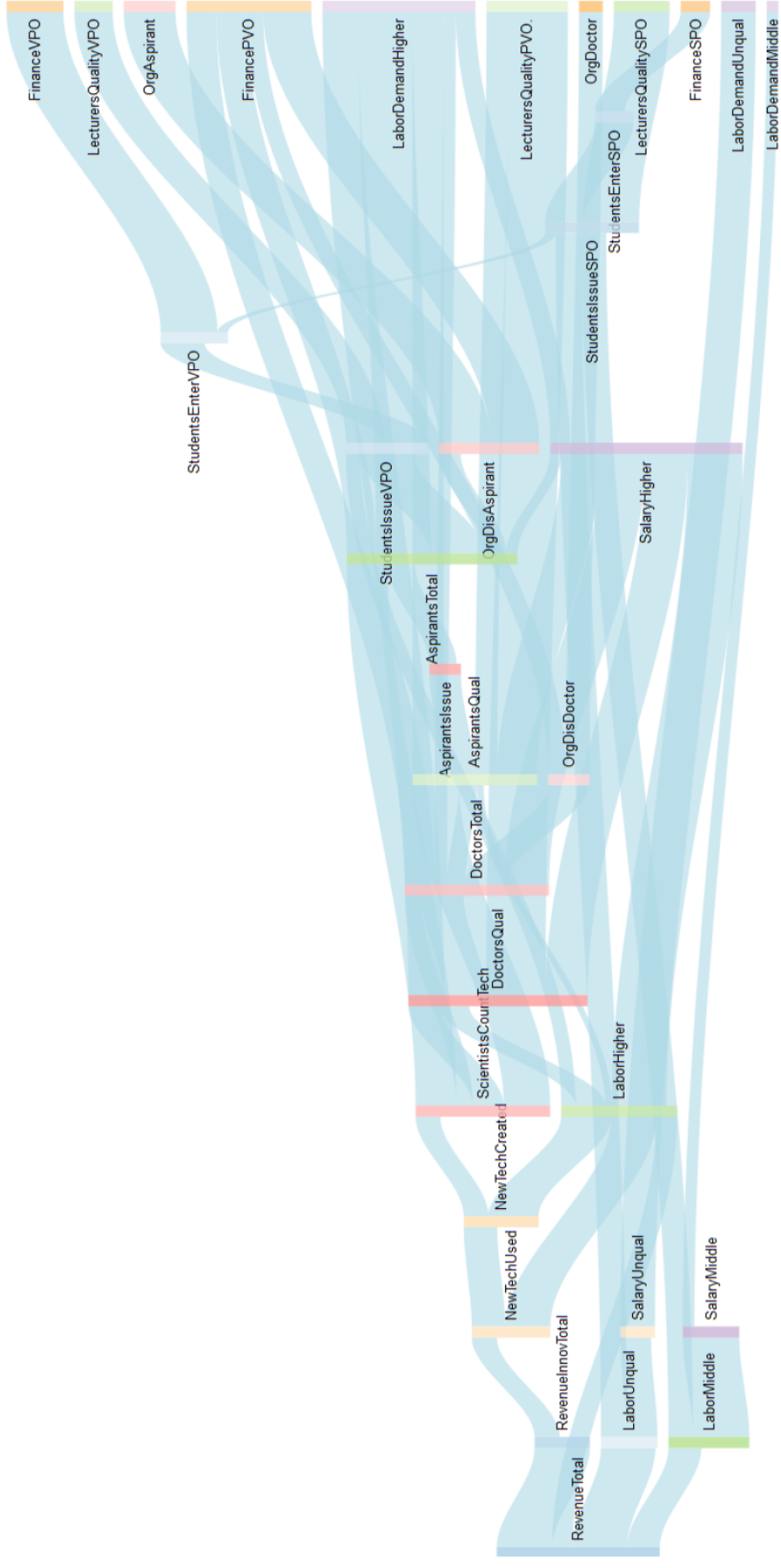


Рисунок 2 – Результат моделирования взаимосвязи ключевых узловых параметров воспроизводства инженерных кадров с позиции эффективности целевой функции

Ссылки и примечания:

1. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 16-36-00302 «Воспроизводство инженерных кадров как доминанта инновационного промышленного развития экономики».
2. Лутманов С.В. Линейные задачи оптимизации [Электронный ресурс] : учеб. пособие. Пермь, 2005. Ч. 2. Оптимальное управление линейными динамическими объектами. 195 с. URL: http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/Lutmanov_Linejnye%20zadaczi_2004_2.pdf (дата обращения: 08.05.2018) ; Ногин В.Д. Введение в оптимальное управление : учеб.-метод. пособие. СПб., 2008. 92 с. ; Оптимальное управление в линейных системах / А.А. Милютин, А.Е. Илютович, Н.П. Осмоловский, С.В. Чуканов. М., 1993. 268 с.
3. Nusratullin W.K., Nusratullin I.V. *The Public Reproduction and Growth: The Formalization and Simulation*. Raleigh, 2015. 184 p.
4. Курошева Г.М. Методы экономико-математического моделирования воспроизводства квалифицированных кадров с целью их сбалансированности с основными показателями развития экономики страны и транспортного комплекса // Журнал Университета водных коммуникаций. 2009. № 4. С. 110–117 ; Чекмарева Е.А. Воспроизводство трудового потенциала как объект имитационного моделирования // Проблемы развития территории. 2016. № 6 (86). С. 167–179.
5. Изычев А.М. Особенности моделирования процесса управления воспроизводством интеллектуального капитала [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 4. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=6560> (дата обращения: 08.05.2018).
6. Сведения о разработке и использовании передовых производственных технологий. Форма № 1 – Технология [Электронный документ] / Росстат. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/nauka/minnov9.htm (дата обращения: 08.05.2018).
7. Центральная база статистических данных Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <http://cbsd.gks.ru/> (дата обращения: 08.05.2018).

References:

- Chekmareva, EA 2016, 'Reproduction of labor potential as an item of simulation modeling', *Problemy razvitiya territorii*, no. 6 (86), pp. 167-179, (in Russian).
- Izychev, AM 2012, 'Features of modeling the process of intellectual capital reproduction management', *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, No. 4, viewed 08 May 2018, <<https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=6560>>, (in Russian).
- Kurosheva, GM 2009, 'Methods of economic and mathematical modeling of reproduction of qualified personnel in order to balance them with the main indicators of the development of the country's economy and transport sector', *Zhurnal Universiteta vodnykh kommunikatsiy*, no. 4, pp. 110-117, (in Russian).
- Lutmanov, SV 2005, *Linear optimization problems*, manual, Perm, Part 2, 195 p., viewed 08 May 2018, <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/Lutmanov_Linejnye%20zadaczi_2004_2.pdf>, (in Russian).
- Milyutin, AA, Ilyutovich, AE, Osmolovsky, NP & Chukanov, SV 1993, *Optimal control in linear systems*, Moscow, 268 p., (in Russian).
- Nogin, VD 2008, *Introduction to optimal control*, manual, St. Petersburg, 92 p., (in Russian).
- Nusratullin, WK & Nusratullin, IV 2015, *The Public Reproduction and Growth: The Formalization and Simulation*, Raleigh, 184 p.