

Экономика наукоемких и высокотехнологичных предприятий и производств.  
Управление в организационных системах  
Economics of knowledge-intensive and high-tech enterprises and industries.  
Management in organizational systems

УДК 658.51

<https://doi.org/10.32362/2500-316X-2023-11-4-105-115>



НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

## Организация инжинирингового центра для импортозамещения в промышленности

Д.Х. Михайлиди <sup>1</sup>,  
А.В. Рагуткин <sup>2</sup>,  
Д.О. Скобелев <sup>1, 2</sup>,  
А.Б. Сухатерин <sup>2</sup>, @

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт «Центр экологической и промышленной политики», Москва, 115054 Россия

<sup>2</sup> МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, 119454 Россия

@ Автор для переписки, e-mail: [suhaterin@mirea.ru](mailto:suhaterin@mirea.ru)

### Резюме

**Цели.** После введения санкций против Российской Федерации и запрета поставки иностранной электронной техники, в т.ч. систем автоматизации, российским предприятиям, важнейшей задачей развития науки и техники в России является обеспечение технологического суверенитета. Один из «кирпичиков» в фундаменте решения данной задачи – это импортозамещение. Согласно планам, разработанным Министерством промышленности и торговли Российской Федерации, курс на импортозамещение поможет произвести замену импортного оборудования отечественными аналогами.

**Методы.** Описываются подходы, положенные в основу совместного проекта РТУ МИРЭА и НИИ «ЦЭПП» по решению задач импортозамещения. Рассмотрены имеющиеся в мировом опыте стратегии замещения, а также объективные и субъективные препятствия для его проведения в России, среди которых недостаточная функциональность нормативно-правовых актов и сформированная привязанность к импортным технологиям и правилам. Показана особенность современных внешних взаимоотношений России как причина необходимости и срочности формирования технологического суверенитета. Описаны основные функциональные требования к программно-аппаратной платформе для построения современных автоматизированных систем управления (АСУ) для машиностроения, а также возможности инжинирингового центра для решения прикладных задач по преодолению импортозависимости. Показаны составные части производства средств производства (машиностроения) и его роль в жизненном цикле продукции.

**Результаты.** Обоснован выбор пилотного объекта инжиниринга – секционной стеклоформирующей машины, предмета разработки – программно-аппаратного комплекса, включающего элементы промышленной электроники и АСУ, показаны основные функциональные элементы АСУ и возникающие между ними связи.

**Выводы.** Подтверждается, что в создании цифровых продуктов необходимо добиться полного импортозамещения. Представлены перспективы сотрудничества с заинтересованными организациями.

**Ключевые слова:** жизненный цикл продукции, технологический суверенитет, импортозамещение, машиностроение, программно-аппаратная платформа, стеклоформирующая машина, автоматизированная система управления, реверс-инжиниринг

• Поступила: 24.04.2023 • Доработана: 08.06.2023 • Принята к опубликованию: 21.06.2023

**Для цитирования:** Михайлиди Д.Х., Рагуткин А.В., Скобелев Д.О., Сухатерин А.Б. Организация инженерингового центра для импортозамещения в промышленности. *Russ. Technol. J.* 2023;11(4):105–115. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2023-11-4-105-115>

**Прозрачность финансовой деятельности:** Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## RESEARCH ARTICLE

# Organization of an engineering center for industrial import substitution

Dmitry Kh. Mikhailidi <sup>1</sup>,  
Alexander V. Ragutkin <sup>2</sup>,  
Dmitry O. Skobelev <sup>1, 2</sup>,  
Alexey B. Sukhaterin <sup>2, @</sup>

<sup>1</sup> Environmental Industrial Policy Center, Moscow, 115054 Russia

<sup>2</sup> MIREA – Russian Technological University, Moscow, 119454 Russia

@ Corresponding author, e-mail: [suhaterin@mirea.ru](mailto:suhaterin@mirea.ru)

### Abstract

**Objectives.** Following the imposition of sanctions against the Russian Federation, which included a ban on the supply of foreign electronic equipment—including automation systems—to Russian enterprises, the continuing development of science and technology in Russia became a question of ensuring technological sovereignty according to the principle of import substitution. According to plans developed by the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation, the policy of import substitution, including automation systems, will ensure the replacement of imported equipment with domestic counterparts.

**Methods.** Approaches underlying the joint project of MIREA – Russian Technological University and Environmental Industrial Policy Center to solve the problems of import substitution are described. Various substitution strategies available in the world experience, as well as objective and subjective obstacles to their implementation in Russia, including the insufficiency of domestic regulatory legal acts and previously formed attachments to imported technologies and regulatory frameworks, are considered. Distinctive features of contemporary external relations are adduced to the necessity and urgency of developing technological sovereignty. The main functional requirements for a software and hardware platform for developing modern automated control systems (ACS) for mechanical engineering applications, as well as the required capabilities of an engineering center for solving applied problems of overcoming import dependence, are described. The components of the production of capital goods (engineering) and its role in the product life cycle are shown.

**Results.** The selection of a pilot engineering object comprising a sectional glass-forming machine, along with a software-hardware complex including elements of industrial electronics and ACS, is justified. The main functional elements of the ACS and their interrelations are shown.

**Conclusions.** The results confirm the necessity of achieving complete import substitution for the creation of digital products. Prospects for cooperation with interested organizations are shown.

**Keywords:** product life cycle, technological sovereignty, import substitution, mechanical engineering, software and hardware platform, glass-forming machine, automated control system, reverse engineering

• Submitted: 24.04.2023 • Revised: 08.06.2023 • Accepted: 21.06.2023

**For citation:** Mikhailidi D.Kh., Ragutkin A.V., Skobelev D.O., Sukhaterin A.B. Organization of an engineering center for industrial import substitution. *Russ. Technol. J.* 2023;11(4):105–115. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2023-11-4-105-115>

**Financial disclosure:** The authors have no a financial or property interest in any material or method mentioned.

The authors declare no conflicts of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

С точки зрения классической экономики затраты ресурсов на импортозамещение нельзя считать высокоэффективными. Объясняется это тем, что заказчик процесса будет вынужден тратить средства для повторного освоения уже существующего способа производства.

К причинам, побуждающим Российскую Федерацию к политике импортозамещения в 2023 г., стоит отнести не столько фундаментальные, проистекающие из возможности увеличить внутренний экономический потенциал, сколько ситуационные, вызванные санкциями, создающими экзистенциальную угрозу государству и его экономике [1]. Сложившаяся среда враждебных или приостановленных отношений со вчерашними экономическими партнерами диктует необходимость и срочность локализации полного спектра продукции. При этом критически важные виды производственной деятельности требуется ориентировать исключительно на внутренний рынок, воссоздавая производственные цепочки внутри страны [2].

В 2022 г. был принят целый блок мер экстренного реагирования на санкционную политику, который противоречит концепции импортозамещения, но позволяет избежать рисков лавинообразного падения производства и потребления. Так, разрешение на параллельный импорт без разрешения правообладателей и обнуление импортных пошлин способствуют как раз развитию импортозависимости, но представляются временно необходимым решением, т.к. обеспечивают временной лаг не только для создания и потребления отечественной продукции, но и для улучшения свойств

производимых объектов по сравнению с исходными образцами. Так формулируется императив для создания технологического суверенитета.

## СОЗДАНИЕ СРЕДСТВ ПРОИЗВОДСТВА КАК ОСНОВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА СТРАНЫ

Чаще всего страна специализируется на производстве тех продуктов, где имеет преимущества в обладании факторами производства [3]. Однако в теории сравнительных издержек [4, 5] считается, что страна не может обладать конкурентными преимуществами по всему спектру производимых локально, но имеющихся на глобальных рынках товаров. В условиях санкций потребность в собственном производстве увеличивается вне зависимости от наличия конкурентных преимуществ.

Анализ схемы индустриального жизненного цикла (рис. 1) показывает, что существует сектор производства средств производства или машиностроения, который имеет влияние на всю цепь трансформаций (переделов) вещества – от добычи сырья до утилизации продукта. Очевидно, что требуется синхронизация многовекторного замещения – средств производства и предметов потребления. В конечном итоге потребность в потреблении должна обеспечить эффективность импортозамещения средств производства.

Упомянутый сектор состоит из двух индустриальных частей (рис. 2): физической (машины, станки) и цифровой (сбор данных, управление процессами). Цифровая часть реализуется в физической части посредством программно-аппаратных

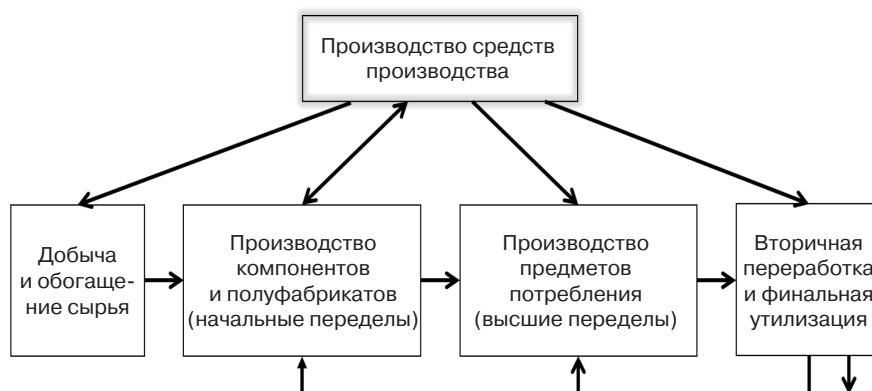
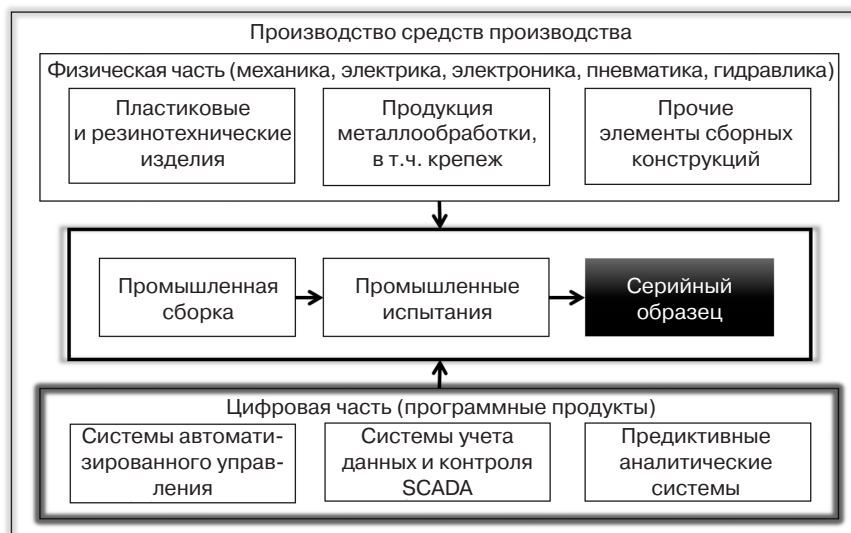


Рис. 1. Схема индустриального жизненного цикла продукции



**Рис. 2.** Взаимодействие промышленных частей при производстве средств производства

платформ (ПАП), обеспечивающих надлежащую функциональность систем автоматического управления, опирающуюся на исполнительные устройства (клапаны, сервоприводы и др.). Для управления сложным производственным оборудованием используется система диспетчерского управления и сбора данных (supervisory control and data acquisition – SCADA), которая позволяет централизовать функции исполнительных устройств, а также обеспечивать производственную статистику для автоматизированных систем управления (АСУ) технологического процесса и для предиктивных аналитических систем.

Развитие машиностроения представляется целью национальной безопасности и основополагающим условием дальнейшего роста и развития страны. Зависимость от импорта 50–90%<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> элементов и комплектующих оборудования, даже с учетом сокращения за последние 8 лет, выступает главным ограничителем развития внутренних производств и обеспечения экономического роста и, таким образом, определяет приоритеты импортозамещения, без

которых процесс будет происходить спонтанно, без должной эффективности [1].

Стадию проведения импортозамещения в 50–70 гг. XX века прошли большинство новых промышленных стран [6]. Существовало научное предположение о том, что экономическое положение стран-экспортеров сырьевых товаров (развивающихся государств) постепенно ухудшается, если они не прибегают к политике импортозамещения при индустриализации (гипотеза Пребиша – Зингера [7]). Южная Америка ориентировалась, в основном, на насыщение внутреннего рынка, Юго-Восточная Азия – на экспортные поставки. Экспортная стратегия, как показало время, оказалась более эффективной [8], но лишь при условии постоянного ослабления национальной валюты, что приводит к снижению добавочной стоимости изделия, высокой внутренней инфляции или ограничениям роста уровня жизни [9].

В России импортозамещение (там, где оно осуществлялось) опиралось на экспортную стратегию [10]. В ноябре 2015 г. Государственный совет РФ

<sup>1</sup> Приказ Минпромторга РФ от 07.07.2021 № 2486. [Order of the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation No. 2486 dated 07.07.2021.]. <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minpromtorga-Rossii-ot-07.07.2021-N-2486/>. Дата обращения 04.04.2023. / Accessed April 04, 2023 (in Russ.).

<sup>2</sup> Приказ Минпромторга РФ от 02.08.2021 № 2913. [Order of the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation No. 2913 dated 02.08.2021.]. <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minpromtorga-Rossii-ot-02.08.2021-N-2913/>. Дата обращения 04.04.2023. / Accessed April 04, 2023 (in Russ.).

<sup>3</sup> Приказ Минпромторга РФ от 20.08.2021 № 3273. [Order of the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation No. 3273 dated 20.08.2021.]. <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minpromtorga-Rossii-ot-20.08.2021-N-3273/>. Дата обращения 04.04.2023. / Accessed April 04, 2023 (in Russ.).

<sup>4</sup> Приказ Минпромторга РФ от 30.07.2021 № 2882. [Order of the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation No. 2882 dated 30.07.2021.]. <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minpromtorga-Rossii-ot-30.07.2021-N-2882/>. Дата обращения 04.04.2023. / Accessed April 04, 2023 (in Russ.).

<sup>5</sup> Приказ Минпромторга РФ от 30.07.2021 № 2881. [Order of the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation No. 2881 dated 30.07.2021.]. <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minpromtorga-rossii-ot-30072021-n-2881-ob-utverzhenii/>. Дата обращения 04.04.2023. / Accessed April 04, 2023 (in Russ.).

принял базовые решения по данной проблематике. В рамках действий было предложено:

- обеспечить процесс замещения импорта финансовыми ресурсами, в основном за счет изменения налогообложения, а также за счет средств Фонда развития промышленности и Федеральной корпорации по развитию малого и среднего бизнеса, включая «проектное финансирование» и предоставление государственных гарантий;
- полностью ориентировать систему государственных закупок на приобретение отечественного оборудования, применяя специальные стимулы для загрузки российских производственных мощностей;
- создать систему централизованного управления импортозамещением и соответствующего контроля, которая позволяла бы при наличии российских аналогов блокировать покупку иностранных продуктов<sup>6</sup>.

Во исполнение этих задач приняты нормативно-правовые акты (НПА), в частности ПП РФ № 208<sup>7</sup> и ПП РФ № 209<sup>8</sup> от 18.02.2022 г. При всех очевидных достоинствах следует обратить внимание на их недостатки. Так, критерием результативности в ПП РФ № 209 является количество созданных комплектов конструкторской документации, что не может отражать экономическую результативность. Постановление Правительства РФ № 208 представляется более совершенным механизмом, однако там отсутствуют механизмы вертикальной интеграции и агрегации объектов разработки по различным признакам, а каждое комплектующее разрабатывается отдельными коллективами, что сильно повышает удельные затраты на разработку изделия в целом [11].

В России поддерживаются локальные разработки программного обеспечения и электроники. Кроме того, реализуются программы по импортозамещению в рамках национального проекта «Малое и среднее предпринимательство», разделение усилий

происходит по двум направлениям: развертывание серийного производства, производство уникального оборудования и создание новых технологий, облегчающих внедрение ноу-хау и наукоемких средств производства [12].

Целью принятых НПА является опережающее развертывание внутри страны производств, создающих продукцию, заменяющую импортные аналоги и превосходящую последние по потребительским характеристикам, освоение новых технологий (рис. 3) [13]. Для российской экономики это касается не только изделий, но и технологий и институтов (правил), импорт которых в значительной степени обусловил зависимость развития от глобальных центров инженерных разработок. Подобная стратегия развития навязывалась не только в промышленности, но и в образовании и науке, которые в своем развитии привязаны к внешним оценкам и стандартам, и результатом стала «модель неявных санкций» [1], реализованная задолго до современной конфронтационной эпохи.



Рис. 3. Эволюция технологий по О.С. Сухареву [14]

Сформированная привязанность к импортным технологиям и правилам является одним из главных препятствий к их замещению. Этот управленческий эффект связан с содержанием ядра технологий, следовательно, отечественным разработчикам

<sup>6</sup> Комиссии Госсовета обсудили идею создания единого сервиса по импортозамещению. [State Council commissions discussed the idea of creating a unified service for import substitution.]. <https://tass.ru/ekonomika/14848255>. Дата обращения 04.04.2023. / Accessed April 04, 2023 (in Russ.).

<sup>7</sup> О предоставлении субсидии из федерального бюджета автономной некоммерческой организации «Агентство по технологическому развитию» на поддержку проектов, предусматривающих разработку конструкторской документации на комплектующие изделия, необходимые для отраслей промышленности. Постановление Правительства РФ № 208 от 18.02.2022. [On the granting of subsidies from the federal budget to the autonomous non-profit organization “Agency for Technological Development” to support projects involving the development of design documentation for components required for industries. Decree of the Government of the Russian Federation No. 208 dated 18.02.2022.]. <http://static.government.ru/media/files/zISr7dzERAaYQY0N2HBwbN4FoBah9M6Y.pdf>. Дата обращения 04.04.2023. / Accessed April 04, 2023 (in Russ.).

<sup>8</sup> О предоставлении грантов в форме субсидий из федерального бюджета на реализацию проектов по созданию и (или) развитию центров инженерных разработок на базе образовательных организаций высшего образования и научных организаций, реализующих проекты, связанные с разработкой комплектующих. Постановление Правительства РФ № 209 от 18.02.2022. [On providing grants in the form of subsidies from the federal budget for the implementation of projects to create and (or) develop engineering development centers on the basis of educational organizations of higher education and scientific organizations implementing projects related to the development of components. Decree of the Government of the Russian Federation No. 209 dated 18.02.2022.]. <http://government.ru/docs/all/139438/>. Дата обращения 04.04.2023. / Accessed April 04, 2023 (in Russ.).



необходимо создать такое ядро и ввести в действие в условиях острой конкуренции с работающей, пусть и за счет параллельного импорта, инфраструктурой [1]. Обработывающие производства, как правило, стремятся исключить из повседневной деятельности риски, связанные с необходимостью повышения квалификации, проведения научно-исследовательских опытно-конструкторских разработок и других инноваций, требующих больших временных затрат. Именно это объясняет инерционную реакцию на введение санкций, поскольку проще найти параллельный импорт, чем заставить элементы сложной системы локализовать технологию и оборудование.

Это составляет фундаментальное ограничение в сфере импортозамещения. Замещение технологии дает возможность создать собственный продукт, но, если сохранятся действующие правила ориентации хозяйствования на импортный продукт, как на лучший по умолчанию, то это будет продолжать снижать конкурентный потенциал отдельной отрасли и экономики в целом. Поэтому центрами компетенций по преодолению импортозависимости становятся инжиниринговые центры – элементы инновационного развития [15].

Проекты импортозамещения в современных условиях должны быть нацелены не только на обновление основных фондов, на повторение уже достигнутого технологического уровня, а в значительной степени ориентироваться на создание основы опережающего развития и модернизации реального сектора экономики.

Для большинства направлений производства средств производства значительную сложность представляют вопросы создания систем автоматического и автоматизированного управления. За прошедшие десятилетия стало традицией ориентироваться на микроэлектронные и программные решения в этой области, производимые за рубежом, что привело к текущей неопределенности в поддержании работоспособности производственного оборудования. Недостаточная развитость российского парка промышленных контроллеров, периферии и средств разработки не позволяет быстро решать задачи по локализации машиностроения.

Особенно остро стоит проблема создания ПАП, представляющей собой совокупность аппаратных и программных средств, которые осуществляют контроль и управление производственными и технологическими процессами, поддерживают обратную связь и активно воздействуют на ход процесса при отклонении его от заявленных параметров, а также обеспечивают регулирование и оптимизацию управляемого процесса.

ПАП включает в себя разветвленную структуру с распределенным вводом-выводом и централизованной обработкой сигналов и должна обеспечивать физическую взаимосвязь исполнительных механизмов и датчиков технологического оборудования. Сигнальные линии в зависимости от типа подключены к модулям ввода-вывода аналоговых и дискретных сигналов, соединенных промышленной шиной с программируемым логическим контроллером (ПЛК). Для повышения отказоустойчивости могут быть использованы 2 промышленных модуля ПЛК, поддерживающие горячее резервирование. В случае обрыва кабеля или выхода из строя одного из устройств удаленного ввода-вывода должно требоваться минимальное время восстановления работоспособности всей системы. По промышленным протоколам, например, Modbus, Industrial Ethernet и т.п. ПЛК обеспечивает информационное взаимодействие с центральной системой управления (возможно, через комплекс противоаварийной защиты).

Для программирования ПЛК используются интегрированные средства разработки приложений (например, *Codesys*, *ISAGRafi* и др.), поддерживающие все 5 языков программирования стандарта МЭК 61131-3<sup>9</sup> (LD, FBD, IL, ST, SFC). Таким образом, через промышленную сеть ПЛК отвечает за получение в реальном времени информации с датчиков, преобразование ее и обмен с другими компонентами системы автоматизации, а также для управления исполнительными механизмами. Далее через магистральную сеть происходит обмен данными между контроллерами и станциями оператора. Операторский уровень включает серверы и пользовательские автоматизированные рабочие места для проведения мониторинга оперативного технологического и производственного процесса и, при необходимости, передачи команд на изменение параметров.

В машиностроении ПАП реализуется в виде разработки и внедрения прикладных программно-аппаратных комплексов (ПАК) с различной степенью универсализации. РТУ МИРЭА и Научно-исследовательский институт «Центр экологической и промышленной политики» начинают совместный проект по отработке функционала такой платформы на примере инжиниринга АСУ стеклоформирующей машины (СФМ) (рис. 4). В отличие от физической части оборудования, где существуют объективные

<sup>9</sup> Национальный стандарт Российской Федерации. *Контроллеры программируемые. Ч. 3. Языки программирования.* [National Standard of the Russian Federation. *Programmable Controllers. Part 3. Programming languages.*]. <https://docs.cntd.ru/document/1200135008>. Дата обращения 04.04.2023. / Accessed April 04, 2023 (in Russ.).

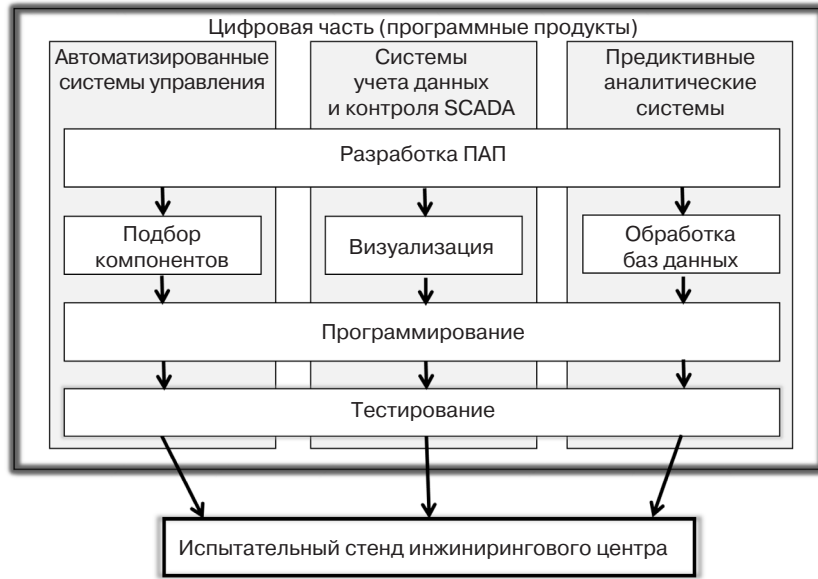


Рис. 4. Компетенции инжинирингового центра

ограничения для достижения 100%-ной независимости (например, натуральный каучук – составной компонент многих резинотехнических изделий – не может быть произведен в России по климатическим причинам), потенциал импортозамещения цифровой части практически не имеет ограничений и признается приоритетным в разработке по причинам производственной и информационной безопасности, соответствия требованиям наилучших доступных технологий.

На основе научного опыта, тесных связей с отраслевыми предприятиями, прежде всего в области соответствия наилучшим доступным технологиям, выбран объект инжиниринга. В сотрудничестве с одним из крупнейших предприятий стекольной промышленности стала доступна восьмисекционная СФМ, для которой разрабатывается программа реверс-инжиниринга (рис. 5). Наша потенциально совместная разработка АСУ СФМ относится к импортозамещению в области машиностроения (производство



Рис. 5. Иерархическая схема реверс-инжиниринга

средств производства) и находится в приоритетном перечне промышленной политики, поскольку машиностроение входит в основополагающие условия для роста и развития экономики страны.

Под АСУ обычно понимается целостное решение, обеспечивающее автоматизацию технологических процессов. Понятие «автоматизированный», в отличие от понятия «автоматический», подчеркивает необходимость участия человека в отдельных операциях, как в целях сохранения контроля над процессом, так и в связи со сложностью или нецелесообразностью автоматизации отдельных операций. АСУ обеспечивает безопасность операций за счет высоконадежных средств сигнализации, блокировок и защит с минимальным периодом реагирования, точного выполнения требований технологического регламента, исключения ошибочных действий оперативного персонала при ведении технологического процесса, обеспечения надежной работы оборудования и предотвращения аварийных ситуаций.

К уровню АСУ относится разработка алгоритма управления, реализующего сбор информации от первичных датчиков и исполнительных устройств, обработка полученной информации, автоматическое регулирование (поддержание технологических параметров на заданном значении), ручное и/или автоматическое управление электроприводами и технологическим оборудованием, передача информации от контроллеров и систем автоматики на верхний уровень. Для информационной связи всех подсистем используются промышленные сети.

В рамках работ по импортозамещению основной целью является разработка системы АСУ (программная прикладная часть), внедрение технических средств автоматизации для существующего в Российской Федерации парка секционных СФМ на российской элементной базе и использование прикладных и системных продуктов из реестра российского программного обеспечения<sup>10</sup>. Следующим шагом становится адаптация технологического оборудования машины, включающего пульта управления, датчики параметров сред, электромеханические клапаны, серводвигатели, шаговые двигатели, насосы и т.д., с постепенным переходом к использованию появляющейся российской продукции. Результатом разработки системы будет ПАК СФМ, который объединит прикладное программное обеспечение, обеспечивающее алгоритмы безаварийного управления исполнительными механизмами и контроля параметров машины. Программное обеспечение будет реализовано на ПЛК управления секциями (секционные контроллеры), устройствах

задания последовательностей синхроимпульсов центральным контроллером, управления скоростью и положением частотных преобразователей посредством SCADA (рис. 6).

SCADA является программным инструментом, цель которого состоит в автоматизации контроля над технологическими процессами. Корректировка параметров осуществляется в режиме реального времени. Оператор получает исчерпывающую и достоверную информацию об объектах и с помощью эффективных средств выполняет необходимые действия. В промышленности востребованы функционалы мониторинга, управления, архивирования полученных данных, оповещения, ведения отчетности. Одним из ключевых инструментов программного комплекса является иерархия уровней доступа. Наиболее распространенными SCADA на нашем рынке были продукты компаний Siemens<sup>11</sup>, Aveva<sup>12</sup>, GE Digital<sup>13</sup> и др. В настоящее время улучшаются функциональные возможности, в т.ч. поддержка объектно-ориентированных моделей производства, российских аналогов, реализованных на платформе операционной системы Astra Linux<sup>14</sup>.

Этап прототипирования и испытания алгоритмов АСУ быстрее и дешевле всего проходит в ходе опытных (полунаатурных) испытаний алгоритмов системы на электромеханическом стенде одной секции с элементами цифрового двойника, виртуально имитирующего работу других секций.

В развитие систем, созданных на основе объекта сравнения, планируется разработка версий ПАК, адаптированных под разные варианты исполнения СФМ, с различной степенью локализации производства элементов физической части машины. Решение задач требует объединения усилий заинтересованных сторон. На этапе разработки ПАП финансирование проводится за счет собственных средств. Текущая стоимость подобных систем занимает значительную долю в стоимости оборудования, поэтому замещающий продукт обладает весомым коммерческим потенциалом.

Важное значение придается возможности практического обучения на базе Инжинирингового центра как студентов российских ВУЗов, так и персонала предприятий-заказчиков. Для сокращения времени ознакомления интерфейс SCADA проектируется по образу того, который уже используется на действующих СФМ.

<sup>11</sup> <https://www.siemens.com/global/en.html>. Дата обращения 04.04.2023. / Accessed April 04, 2023.

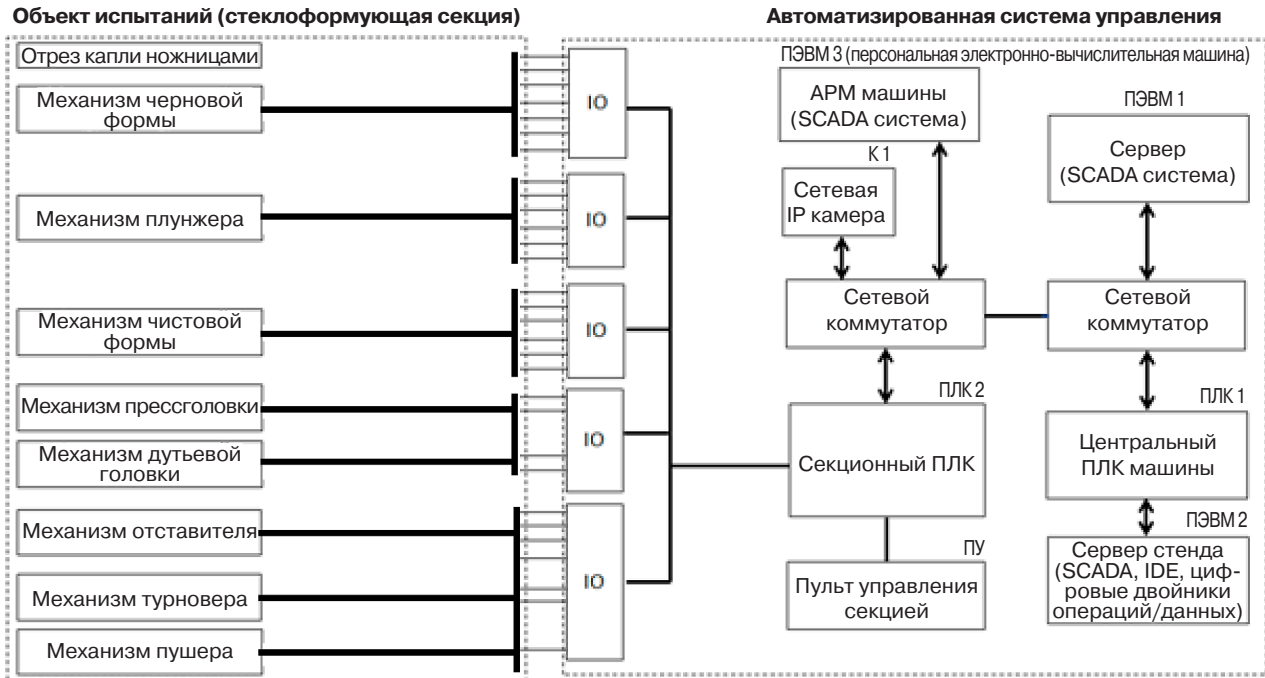
<sup>12</sup> <https://www.aveva.com/>. Дата обращения 04.04.2023. / Accessed April 04, 2023.

<sup>13</sup> <https://www.ge.com/digital/>. Дата обращения 04.04.2023. / Accessed April 04, 2023.

<sup>14</sup> <https://astralinux.ru/>. Дата обращения 04.04.2023. / Accessed April 04, 2023 (in Russ.).

<sup>10</sup> <https://reestr.digital.gov.ru/>. Дата обращения 04.04.2023. / Accessed April 04, 2023 (in Russ.).





**Рис. 6.** Функциональная схема по разработке станда АСУ. IO (input/output) – ввод/вывод; АРМ – автоматизированное рабочее место, IDE (integrated development environment) – интегрированная среда разработки

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований проблематики преодоления импортозависимости и создания технологического суверенитета авторы пришли к следующим выводам:

1. Разработка платформы АСУ СФМ относится к импортозамещению в области машиностроения и находится в приоритетном перечне промышленной политики России.
2. Параллельный импорт – это временное смягчение, но не решение проблемы. Критически важные составляющие, к которым относится производство электронных компонентов и программного обеспечения, возможно и необходимо замыкать на внутренний рынок, воссоздавая производственные цепочки внутри страны.
3. Технология – это не только оборудование, но и носители знания. Следует уделять ключевую роль подготовке кадров. Инжиниринговые центры становятся элементами инновационного развития и имеют потенциал дополнительного образования для студентов и отраслевых специалистов.
4. В основе технологического суверенитета должны лежать технологии и продукты, которые аналогичны или превосходят лучшие мировые образцы и практики.
5. Разработчики технологий и оборудования должны сотрудничать и координировать свои усилия

- для максимальной эффективности как инноваций, так и обратных разработок (реверс-инжиниринга). Поскольку речь идет о производстве средств производства, а не о продукции массового потребления, считаем нецелесообразным параллельные разработки одних и тех же элементов (физических и цифровых) разными организациями. Объединение производственных заказов и их долгосрочное планирование позволят снизить себестоимость производственных машин, что скажется на экономике продукции массового спроса.
6. Разработка и внедрение АСУ технологических процессов имеют весомые перспективы монетизации, но начальная стадия исследований в отсутствии инновационных инвесторов, как правило, проводится за счет самофинансирования. Существующие методы государственной поддержки недостаточно согласуются между собой и характеризуются отсутствием планирования производств и формирования централизованных заказов, которые способны повлиять на стоимость элемента и изделия.
  7. Требуется повысить статус проектов по импортозамещению и, по возможности, централизовать их проведение и финансирование, выделив в отдельный национальный проект, целью которого являются фиксация достижений отдельных отраслей и их масштабирование на индустрию в целом.

### Вклад авторов

**Д.О. Скобелев, А.В. Рагуткин** – идея исследования, постановка задачи исследования, итоговое редактирование текста статьи.

**Д.Х. Михайлиди (75%), А.Б. Сухатерин (25%)** – выполнение рутинной работы по систематизации материала, анализ результатов исследования и подготовка данных, написание текста статьи.

### Authors' contributions

**D.O. Skobelev, A.V. Ragutkin** – the research concept, statement of the research problem, and final editing the text of the article.

**D.Kh. Mikhailidi (75%), A.B. Sukhaterin (25%)** – performing routine work on the systematization of the material, analysis of the research results and data preparation, and writing the text of the article.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сухарев О.С. Государственное управление импортозамещением: преодоление ограничений. *Управленец*. 2023;14(1):33–46. <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2023-14-1-3>
2. Никитин Г.С., Скобелев Д.О. Эффективность государственных и корпоративных инвестиций в развитие реального сектора экономики. *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки*. 2022;4(68):32–41. URL: [http://www.unn.ru/pages/e-library/vestnik\\_soc/18115942\\_2022\\_-\\_4\(68\)\\_unicode/4.pdf](http://www.unn.ru/pages/e-library/vestnik_soc/18115942_2022_-_4(68)_unicode/4.pdf)
3. Улин Б. *Межрегиональная и международная торговля*: пер. с англ. М.: Дело; 2004. 416 с.
4. Портер М. *Международная конкуренция. Конкурентные преимущества стран*. М.: Интеллектуальная Литература; 2021. 948 с.
5. Авдокушин Е.Ф. *Международные экономические отношения*. М.: Юрист; 1999. С. 311–315. URL: <https://uchebnik.biz/book/111-mezhdunarodnye-yekonomicheskie-otnosheniya/> (дата обращения 04.04.2023).
6. Zheng X., Yu H., Yang L. Technology imports, independent innovation, and China's green economic efficiency: an analysis based on spatial and mediating effect. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2022;29(24):36170–36188. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17499-y>
7. Arezki R., Hadri K., Loungani P., Rao Y. Testing the Prebisch-Singer Hypothesis since 1650: Evidence from Panel Techniques that Allow for Multiple Breaks. *J. Int. Money & Finance*. 2014;42(180):208–223. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2013.08.012>
8. Нуреев Р.М. *Экономика развития: модели становления и модернизации рыночной экономики*. М.: Норма; 2008. 367 с.
9. Sachs J., Williamson J. External Debt and Macroeconomic Performance in Latin America and East Asia. *Brookings Papers on Economic Activity*. 1985;1985(2):523–573. <https://doi.org/10.2307/2534445>
10. Уханова Р.М., Райская М.В. Инновационное импортозамещение как основное направление технологической модернизации на предприятиях нефтегазового комплекса Республики Татарстан. *Вестник экономики, права и социологии*. 2015;4:134–136. URL: <http://www.vestnykeps.ru/0415/28.pdf>
11. Фальцман В. Импортозамещение в ТЭК и ОПК. *Вопросы экономики*. 2015;1:116–124. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2015-1-116-124>
12. Панышин И.В., Ярьес О.Б. Ресурсозамещение и импортозамещение при решении задач обеспечения экономической стабильности и стимулирования экономического роста региона. *Современные проблемы науки и образования*. 2014;6:511. URL: <https://science-education.ru/en/article/view?id=16092>

### REFERENCES

1. Sukharev O.S. Import substitution policy: Breaking the limits. *Upravlenets = Manager*. 2023;14(1):33–46 (in Russ.). <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2023-14-1-3>
2. Nikitin G.S., Skobelev D.O. Efficiency of state and corporate investments in the development of the real sector of the economy. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Seriya: Sotsial'nye nauki = Vestnik of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod. Series: Social Sciences*. 2022;4(68):32–41 (in Russ.). Available from URL: [http://www.unn.ru/pages/e-library/vestnik\\_soc/18115942\\_2022\\_-\\_4\(68\)\\_unicode/4.pdf](http://www.unn.ru/pages/e-library/vestnik_soc/18115942_2022_-_4(68)_unicode/4.pdf)
3. Ulin B. *Mezhregional'naya i mezhdunarodnaya trgovlya (Interregional and International Trade)*: transl. from Engl. Moscow: Delo; 2004. 416 p. (in Russ.). [Ohlin B. *Interregional and International Trade*. Cambridge (Massachusetts): Harvard University Press; 1967. 324 p.]
4. Porter M. *Mezhdunarodnaya konkurentsiya. Konkurentnye preimushchestva stran (International Competition. Competitive Advantages of Countries)*. Moscow: Intellektual'naya Literatura; 2021. 948 p. (in Russ.).
5. Avdokushin E.F. *Mezhdunarodnye ekonomicheskie otnosheniya (International Economic Relations)*. Moscow: Yurist; 1999. P. 311–315 (in Russ.). Available from URL: <https://uchebnik.biz/book/111-mezhdunarodnye-yekonomicheskie-otnosheniya/> (accessed April 04, 2023).
6. Zheng X., Yu H., Yang L. Technology imports, independent innovation, and China's green economic efficiency: an analysis based on spatial and mediating effect. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2022;29(24):36170–36188. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17499-y>
7. Arezki R., Hadri K., Loungani P., Rao Y. Testing the Prebisch-Singer Hypothesis since 1650: Evidence from Panel Techniques that Allow for Multiple Breaks. *J. Int. Money & Finance*. 2014;42(180):208–223. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2013.08.012>
8. Nureev R.M. *Ekonomika razvitiya: modeli stanovleniya i modernizatsii rynochnoi ekonomiki (Economics of Development: Models of Formation and Modernization of a Market Economy)*. Moscow: Norma; 2008. 367 p. (in Russ.).
9. Sachs J., Williamson J. External Debt and Macroeconomic Performance in Latin America and East Asia. *Brookings Papers on Economic Activity*. 1985;1985(2):523–573. <https://doi.org/10.2307/2534445>
10. Ukhanova R.M., Raiskaya M.V. Innovative Import Substitution as the Main Direction of Technological Modernization in Oil and Gas Enterprises of the Republic of Tatarstan. *Vestnik ekonomiki, prava i sotsiologii = The Review of Economics, the Law and Sociology*. 2015;4:134–136 (in Russ.). Available from URL: <http://www.vestnykeps.ru/0415/28.pdf>

13. Волосатова А.А., Ученов А.А., Скобелев Д.О. Формирование концепции внедрения принципов зеленой экономики в евразийском экономическом союзе: роль гармонизации подходов к повышению ресурсной эффективности. *Вестник Евразийской науки*. 2022;14(4):14. URL: <https://esj.today/PDF/23ECVN422.pdf> (дата обращения 10.04.2023).
14. Сухарев О.С. *Экономическая теория эволюции институтов и технологий*. М.: Ленанд; 2019. 312 с.
15. Краснюк Л.В. Сущность и структурные элементы инновационного развития экономики. *π-Economy*. 2010;5(107):133–138. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-i-strukturnye-elementy-innovatsionnogo-razvitiya-ekonomiki> (дата обращения 10.04.2023).
11. Faltsman V. Import Substitution in Energy and Military-Industrial Complexes. *Voprosy Ekonomiki*. 2015;1:116–124 (in Russ.). <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2015-1-116-124>
12. Panshin I.V., Yares O.B. Resursozameschenie and import substitution in solving problems of economic stability and steam-lation region's economic growth. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern Problems of Science and Education*. 2014;6:511 (in Russ.). Available from URL: <https://science-education.ru/en/article/view?id=16092>
13. Volosatova A.A., Uchenov A.A., Skobelev D.O. Forming the concept of implementing green economy principles in the Eurasian Economic Union: the role of harmonizing resource efficiency approaches. *Vestnik Evrazijskoi nauki = The Eurasian Scientific J*. 2022;14(4):14 (in Russ.). Available from URL: <https://esj.today/PDF/23ECVN422.pdf> (accessed April 10, 2023).
14. Sukharev O.S. *Ekonomicheskaya teoriya evolyutsii institutov i tekhnologii (Economic Theory of the Evolution of Institutions and Technologies)*. Moscow: Lenand; 2019. 312 p. (in Russ.).
15. Krasnyuk L.V. Essence and the structural elements of the innovative development of economy. *π-Economy*. 2010;5(107):133–138 (in Russ.). Available from URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-i-strukturnye-elementy-innovatsionnogo-razvitiya-ekonomiki> (accessed April 10, 2023).

#### Об авторах

**Михайлиди Дмитрий Христофорович**, к.э.н., научный сотрудник отдела методологии ресурсосбережения, ФГАУ «Научно-исследовательский институт «Центр экологической и промышленной политики» (115054, Россия, Москва, Стремянный переулок, д. 38). E-mail: [d.Mikhailidi@eipc.center](mailto:d.Mikhailidi@eipc.center). SPIN-код РИНЦ 6831-8043, <https://orcid.org/0009-0005-6491-0710>

**Рагуткин Александр Викторович**, к.т.н., проректор по вопросам инновационного развития, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 78). E-mail: [ragutkin@mirea.ru](mailto:ragutkin@mirea.ru). Scopus Author ID 56871217700, ResearcherID AAE-4437-2022, SPIN-код РИНЦ 7531-7376, <https://orcid.org/0000-0001-8256-1941>

**Скобелев Дмитрий Олегович**, д.э.н., директор, ФГАУ «Научно-исследовательский институт «Центр экологической и промышленной политики» (115054, Россия, Москва, Стремянный переулок, д. 38); заведующий кафедрой наилучших доступных технологий и регуляторных практик Института технологий управления ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 78). E-mail: [skobelev@mirea.ru](mailto:skobelev@mirea.ru). Scopus Author ID 57205144505, SPIN-код РИНЦ 7830-9773, <https://orcid.org/0000-0002-8067-7016>

**Сухатерин Алексей Борисович**, преподаватель, кафедра промышленной информатики Института искусственного интеллекта, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 78). E-mail: [suhaterin@mirea.ru](mailto:suhaterin@mirea.ru). <https://orcid.org/0009-0004-8997-4342>

#### About the authors

**Dmitry Kh. Mikhailidi**, Cand. Sci. (Econ.), Researcher, Department of Resource Saving Methodology, Environmental Industrial Policy Center (38, Stremyanni per., Moscow, 115054 Russia). E-mail: [d.Mikhailidi@eipc.center](mailto:d.Mikhailidi@eipc.center). RSCI SPIN-code 6831-8043, <https://orcid.org/0009-0005-6491-0710>

**Alexander V. Ragutkin**, Cand. Sci. (Eng.), Vice-Rector for Innovative Development, MIREA – Russian Technological University (78, Vernadskogo pr., Moscow, 119454 Russia). E-mail: [ragutkin@mirea.ru](mailto:ragutkin@mirea.ru). Scopus Author ID 56871217700, ResearcherID AAE-4437-2022, RSCI SPIN-code 7531-7376, <https://orcid.org/0000-0001-8256-1941>

**Dmitry O. Skobelev**, Dr. Sci. (Econ.), Director, Environmental Industrial Policy Center (38, Stremyanni per., Moscow, 115054 Russia); Head of the Department of Best Available Technologies and Regulatory Practices, Institute of Management Technologies, MIREA – Russian Technological University (78, Vernadskogo pr., Moscow, 119454 Russia). E-mail: [skobelev@mirea.ru](mailto:skobelev@mirea.ru). Scopus Author ID 57205144505, RSCI SPIN-code 7830-9773, <https://orcid.org/0000-0002-8067-7016>

**Alexey B. Sukhaterin**, Lecturer, Department of Industrial Informatics, Institute of Artificial Intelligence, MIREA – Russian Technological University (78, Vernadskogo pr., Moscow, 119454 Russia). E-mail: [suhaterin@mirea.ru](mailto:suhaterin@mirea.ru). <https://orcid.org/0009-0004-8997-4342>