

# Управление социально-экономическими системами

УДК 338

DOI: 10.14529/em200316

## ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЕ РАЗВИТИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ: ФОРМИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЦИОННО-БАЛАНСИРУЮЩЕГО МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ

*А.А. Алабугин, Т.А. Худякова, А.В. Шмидт, В.В. Волков*

*Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия*

В статье обосновывается актуальность формирования механизма управления высокотехнологичным развитием предприятия в условиях трансформации организационно-технологических укладов и неопределенности их воздействий. Проблемы несовершенства методов управления для высокотехнологичного развития предприятия предложено решать на основе методологии интеграционно-балансирующего управления. Сформулирована гипотеза повышения эффективности результатов краткосрочных скачкообразных процессов перехода к устойчивому высокотехнологичному типу развития по результатам аналого-цифрового моделирования. Она предполагает возможность регулирования процессов на основе экономической интерпретации определенного набора функций управления таким развитием. Гипотеза доказана с использованием математического инструментария аналитической аппроксимации обобщенных функций ступенчатого вида. Установлено, что предположения по устойчивости эффективной реализации процессов управления инновационным развитием предприятия достижимы в формируемом комплексе объектов комплементарных сфер деятельности. Такие результаты достигаются и сохраняются в области целевых значений методами повышения качества управления и расширения пространства интеграции методов и ресурсов сфер образования, науки и производства. Для этого предложены новые организационные подходы к формированию центра управления развитием, сформулированы дополнительные функции регулирования качества управления на основе интеграции ресурсов. Интеграция обеспечивается новым инструментарием, представленным аналого-цифровой моделью механизма управления интеграционно-балансирующего типа, включающего системы управления информацией и контроллинга устойчивости эффективного развития. Результаты моделирования обосновали практические рекомендации по совершенствованию управления на малом инновационном предприятии в условиях взаимодействия с объектами комплекса. Это позволило реализовать проект его перевода к высокотехнологичному типу развития по факторам V-VI организационно-технологических укладов экономики.

**Ключевые слова:** интеграционно-балансирующее управление, аналого-цифровая модель, высокотехнологичное развитие, Центр управления развитием.

### Введение

Актуальность формирования механизма интеграционно-балансирующего управления (МИБУ) высокотехнологичным развитием предприятия по факторам трансформации организационно-технологических укладов (ОТУ) экономики определяется вызовами новой ситуации глобального масштаба. Росту неопределенности и скорости изменений внешней среды способствуют воздействия экономического кризиса, санкций и пандемии опасного заболевания. По прогнозу Bloomberg мировые экономические потери лишь от вируса COVID-19 могут составить 2,7 трлн долларов США [1]. Отмечается также негативное влияние на российскую экономику факта выхода России из договора с некоторыми странами сообщества ОПЕК-плюс. Это привело к резкому снижению цены на нефть. Такие факторы прямо воздействуют

на финансово-экономическую эффективность и устойчивость процессов инновационного развития промышленных предприятий. В 2020 году растет дефицит государственного бюджета, который может снизить динамику позитивных изменений в России в период 2011–2019 годы: по показателю уровня жизни населения в 2011 страна находилась на 82-м месте, а в 2019 занимала уже 12-е место в мире [2].

Более значимыми и долгосрочными являются факторы трансформации ОТУ. Отсутствие устойчивых экономических кластеров, как комплексов или виртуальных сетей объектов высокотехнологического типа, определяется отставанием отечественного уровня организации взаимодействия объектов сфер образования, науки и производства, технологий от достижений развитых стран мира, находящихся преимущественно в условиях 5–6-го

ОТУ. Обобщающий уровень инновационной активности промышленного производства по данным федеральной службы государственной статистики России на 2016 год составляет 10,5 %. Для сравнения в Австрии – 63,5 %, Бельгии – 69,9 % [3]. Несоответствие методов и механизмов управления развитием предприятий требованиям практики высокотехнологичного развития таких стран определяет следующие проблемы исследования, раскрываемые в статье: несовершенство методов управления интеграцией ресурсов комплементарных сфер деятельности для обеспечения эффективности высокотехнологичного развития предприятия; недостаточная экономическая устойчивость процессов эффективного развития предприятия; чрезмерность разрыва уровня инновационности отечественной экономики со странами-лидерами; недостаточное применение научно обоснованных подходов к формированию специальных структур на основе методов и механизмов с интеграционно-балансирующими возможностями учета и регулирования факторов трансформации ОТУ экономики.

Нерешенность проблем обусловила цель исследования – совершенствование систем управления высокотехнологичным развитием предприятия промышленности на основе методов формирования интеграционно-балансирующего механизма по факторам трансформации ОТУ. Для достижения цели требуется решить систему научно-практических задач: обоснование методов теории и методологии управления развитием предприятия с интеграционно-балансирующими возможностями регулирования взаимодействия объектов в условиях неопределенности факторов внешней среды и трансформации ОТУ; разработка методических основ и экономико-математических моделей оценки процессов и регулирования качества управления предприятием в условиях неопределенности факторов трансформации среды по критерию устойчивости эффективного развития; формирование механизма управления и разработка организационно-плановых и проектных мероприятий по реализации методики формирования механизма и его применения по показателям качества управления и критериям обеспечения экономической эффективности развития. Данная статья раскрывает содержание первой задачи. В ней даются обоснования базового инструментария научного исследования.

### Методы управления

Возрастание значимости решения указанных задач следует из того, что внешняя среда нестабильна, высока неопределенность факторов трансформации ОТУ экономики. В ряде исследований А.В. Шмидта дополнены существующие теории Н.Д. Кондратьева, академиков Д.С. Львова и С.Ю. Глазьева по определениям содержания укладов. Т.А. Худяковой оценено влияние научных школ на определение места контроллинга устой-

чивости в системе управления [4]. Это позволило усовершенствовать теоретические методы снижения неопределенности для применения в условиях трансформации ОТУ. Дополняя предложения указанных авторов, в настоящем исследовании организационно-технологический уклад мы предлагаем понимать как совокупность сопряженных производств и прочих необходимых сфер деятельности (образовательной, научной, проектной и т. д.), методов управления и организации взаимодействия объектов. При этом такие сферы должны иметь определенные и близкие характеристики технического и организационного уровня, развиваться синхронно в системе взаимосвязанных и взаимодействующих объектов разного назначения. Дополнения позволяют учесть, что длительность изменений, доминирующих в экономике технологических укладов, воздействует не только на скорость научно-технического прогресса, но и на инерционность мышления значительной части социума: инновационные технологии появляются значительно раньше их признания как ценности и масштабного освоения. Это определяет конфликтность техно-гуманитарного дисбаланса и замедляет скорость перехода от одного уклада к другому даже развитых стран к шестому ОТУ (рис. 1). Большинство предприятий современной России находятся в условиях перехода от III–IV ОТУ к V–VI укладам. В статье к известной схеме динамики процессов и укладов добавлены параметры скорости развития и повышения значимости методов интеграции материальных и нематериальных ресурсов, организации виртуальных команд холакратического типа для снижения техно-гуманитарного дисбаланса интересов участников высокотехнологичного развития (выделено шрифтом).

Учитывая наличие объективной неопределенности внешней среды предприятия и ускорение темпов его развития при переходе предприятий к V–VI укладам экономики, Т.А. Худякова обосновала необходимость разработки особого элемента стратегического менеджмента – системы контроллинга устойчивости «экономической – как «мерила» соответствия фактического положения системы заявленным стратегическим целям» [4, с. 17]. В статье исследованы возможности обеспечения устойчивости процессов достижения экономической эффективности развития предприятия, принимаемой за результирующий показатель-свойство. Это предлагается осуществлять формированием системы МИБУ в составе управляющей подсистемы предприятия. Возможности «оптимизации процесса достижения цели устойчивого функционирования» [4, с. 18] предприятия позволяют включить систему контроллинга в структуру предлагаемого МИБУ.

На рис. 2 показана функциональная схема организации высокотехнологичных преобразований предприятия в периоды долгосрочного развития. Указанное назначение системы контроллинга, ее



Рис. 1. Динамика скорости развития предприятий и факторов укладов экономики

основные элементы входа (цель, потребности, ресурсы), процессы применения инструментария и выход (результат) определяют ее место регулятора устойчивости. Включение такого регулятора в систему МИБУ повышает возможности повышения качества управления в оценке эффективности устойчивого развития как целевого показателя. На ее входе наблюдаются недопустимые и неопределенные флуктуации этого показателя, выходящие за границы области целевых значений. На выходе соответствие траектории эффективного развития допустимой области должны обеспечить инструменты систем МИБУ и контроллинга устойчивости преобразований процессов методами регулирования качества управления (показано заливкой части поля рисунка). Для этого инструментарий МИБУ дополнен расширенным составом функций управления предприятия, реализующим взаимосвязи с объектами комплекса и контроллинга устойчивости развития. Показаны этапы процесса перехода от исходного состояния (на этапах эволюционно инновационного цикла эволюционного типа с низким качеством управления или самоорганизации процессов при дезинтеграции ресурсов и дивергенции целей развития предприятия в комплексе) и регулируемого скачка-перехода к заданному в стратегии высокотехнологичного развития состоянию.

Многообразие внешних и внутренних связей значительно осложняет построение имитационных и других видов экономико-математических моделей. В настоящее время наиболее перспективны симуляторы (цифровые двойники), моделирующие функции и процессы в системе МИБУ. В условиях растущей неопределенности и сложности изменений задачи разработки экономических прогнозов более эффективно решаются методами комбинирования возможностей аналоговых и цифровых моделей механизма и ресурсов комплекса объек-

тов. Использование качественных аналоговых и количественных цифровых моделей повышает глубину содержательного анализа методами многокритериальной оптимизации, повышающей достоверность результатов вследствие эффекта численной верификации [5].

Несовершенство существующего инструментария управления по указанным критериям объясняется преимущественным применением методов реагирующей адаптации социально-экономических систем к изменениям среды. Процессы стабилизации траектории развития по устойчивости заданных показателей в области целевых значений не регулируются в специальном механизме управления, дополненного возможностями подсистемы контроллинга. В большей степени исследуются лишь эволюционные процессы закономерного развития в условиях низкой скорости предсказуемых изменений факторов среды. Существующее понимание адаптивности как способности системы приспосабливаться к разнообразию и неопределенности условий среды либо изменять ее так, чтобы не требовалось изменения собственного целевого поведения социально-экономической системы [6] не соответствует характеристикам скачкообразных процессов высокотехнологичных преобразований предприятия по факторам V–VI ОТУ.

В современной ситуации для сохранения устойчивости развития промышленного предприятия и целостности системы в долгосрочном периоде необходима достаточная стабильность результирующего показателя экономической эффективности в условиях революционных (скачкообразных) процессов [5]. Это требует диверсификации материальных ресурсов технологий и нематериальных ресурсов сфер образования, науки и методов стратегического управления на протяжении жизненного цикла развития объекта управления. Такое повышение качества управления развитием возмож-



**Рис. 2. Функциональная схема процессов высокотехнологичных преобразований предприятия с включением механизма интеграционно-балансирующего управления и системы контроллинга устойчивости эффективного развития (доработано по [4, с. 17])**

но при усилении межфункциональных связей внутри и вне предприятия в комплексе дополняющих объектов экономики. Инновации в сферах науки, образования и многих предприятий индустриального типа не соответствуют вызовам экономики 2035 года. При увеличении скорости изменений технологических укладов становится значимым соответствующее изменение компетентности персонала указанных объектов по показателям инновационности. Особенно важна его инновационная восприимчивость, обеспечивающая в развитых странах до 80 % ее прироста [9]. Персонал указанных объектов должен отличаться преобладанием нестандартного креативного труда на основе межличностного и межфункционального взаимодействия в проектных группах [5].

Значимость гуманитарной составляющей дисбаланса, возрастающего при переходе к V укладу (рис. 1), подтверждают современные исследования ряда зарубежных авторов [6–14]. Они обосновывают, что успех новой техно-организационно-парадигмы промышленности 4.0 обеспечит ряд факторов: долгосрочное высокотехнологичное развитие отстающих стран мира; развитие регионов на основе социальных инноваций, снижающих конфликтность техно-гуманитарных дисбалансов; использование методов комбинирования существующих технологий, например, бережливого производства при организации гибких команд в плоской организационной структуре холакратического типа. Особую значимость приобретают методы экономики знаний для применения возможностей дифференциации инновационных методов. В то же время указанные исследования не решают задач регулирования дисбаланса интересов объектов комплекса, возникающих в условиях неопределенности преобразований предприятия по факторам V–VI ОТУ экономики.

Техническая сторона исследуемого дисбаланса раскрыта в научных трудах других авторов. Они вводят понятие интернет-менеджмента и модели реновации бизнеса по направлениям интернета вещей [15]. Предлагается использование моделей качества управления в практиках промышленности 4.0 [16]. Однако предстоящие вынужденные ограничения в условиях кризиса и новые вызовы промышленности 4.0 не реализуемы на основе моделей эволюционных процессов [17–19]. Вопросы оценки устойчивости процессов преобразований по показателям отчетности и оценки рисков повышения уровня их цифровизации исследовались лишь в узком аспекте отдельных отраслей [20, 21]. На необходимость разработки специальных индикаторов измерения готовности к применению возможностей индустрии 4.0 обращено внимание при разработке инновационных стратегий и моделей принятия управленческих решений [22, 23]. Значимость интеграции образовательных возможностей и новых организационных методов растет в условиях неопределенности. Для разработки институциональных стратегий развития инновационных систем использование системы контроллинга широко обосновывается в целях прогнозирования [24–27]. При этом доказывается, что использование лишь цифровизации без предварительного содержательного анализа специальных аналоговых моделей, недостаточно. Для учета специфик взаимосвязей финансовых и прочих методов и их регулирования обосновывается концепция расширения пространства взаимодействия в кластерах, или комплексах объектов индустрии 4.0 [5, 28–32].

Проведенный обзор источников информации обосновывает необходимость формирования техно-гуманитарной аналого-цифровой модели структуры МИБУ методами комбинирования нематери-

альных и материальных диверсифицированных ресурсов высокотехнологичных преобразований объектов комплекса. Несовершенство существующих механизмов управления развитием предприятий при осуществлении деятельности под воздействием неопределенных факторов требует использования особых подходов к организации процессов. Следует повысить качество выполнения как базовых, так и дополнительных функций управления в оценках экономической эффективности достигнутых известных показателей инновационности и технологичности. Это обосновывается далее по известным практическим направлениям: развитие инновационных компетенций сотрудников; снижение числа менеджеров среднего звена и специалистов старше 50 лет; формирование малых междисциплинарных проектных групп; включение персонала в процессы участия в стратегическом планировании и системе контроллинга.

#### Результаты исследования

Решение первой задачи исследования, раскрываемой в статье, обосновало дополнение и корректировку понятий и методов теории, и методологии интеграционно-балансирующего управления [5]. Для обеспечения области целевых значений показателя эффективности высокотехнологичного развития предприятия предложено расширить пространство и время интеграции диверсифицированных средств и методов его развития в комплексе объектов формируемого комплекса. Это достигнуто повышением качества управления интеграцией ресурсов по показателям конвергенции целей эффективности и устойчивости развития предприятия. Доказано снижение отрицательных эффектов дезинтеграции и дивергенции (расхождения) траекторий указанных целей на отдельных этапах цикла преобразований предприятия по факторам V–VI ОТУ по критерию минимизации техно-гуманитарного дисбаланса. Использование указанной системной методологии интеграционно-балансирующего управления обосновало новые возможности разработки системы МИБУ предприятия с включением в его информационно-регулирующую подсистему адаптации и развития функции контроллинга устойчивости развития в комплексе и условиях неопределенной среды. Для реализации таких возможностей предложена концепция разработки и реализации новых методов повышения качества управления высокотехнологичным развитием по факторам трансформации укладов. Она представляет систему методов комбинирования аналоговых и цифровых моделей, основанную на единой методологии и механизме управления, обеспечивающих устойчивость целевых значений результирующего показателя экономической эффективности высокотехнологичного развития предприятия в комплексе объектов. Использование механизма и методов организовано в цикле динамических процессов эволюционного и

скачкообразного типов, реализуемых в механизме управления, включаемого в новую организационную структуру Центра (отдела для малых предприятий) управления развитием (ЦУР) комплекса объектов. Это обеспечивает консолидацию интеллектуального и промышленного труда (образовательного, научно-исследовательского, опытно-конструкторского и производственного секторов экономики).

Доказана возможность организационной интерпретации воздействий методов и функций управления Центра [5] с использованием модели аппроксимации функции Дирака сингулярного вида для отображения скачкообразных процессов [33]

$$\delta(x) = \begin{cases} +\infty, & x = 0, \\ 0, & \forall x \neq 0, \end{cases} \quad (1)$$

причем  $\int_{-\infty}^{+\infty} \delta(x) dx = 1$ . Значение  $x$  в формуле (1)

показывает величину факторных воздействий в оценках показателей технологических инноваций, числа интегрируемых ресурсов капитала, компетентности трудового потенциала, качества методов управления процессами, изменяющихся во времени  $t$ . В настоящем исследовании такие балансирующие воздействия являются регулирующим фактором повышения инновационности развития под воздействием специальных функций качества управления на изучаемое свойство эффективности (Н) объектов комплекса во времени  $t$ . Предложенное идеально-математическое представление воздействий не раскрывает действительное содержание причинно-следственных корреляций на практике. Поэтому на основе методологии был разработан и применен новый инструментальный оценки показателей качества управления преобразованиями предприятия в цикле развития.

Доказано, что смысл сингулярных (особенных, необычных) обобщенных функций вида (1) проявляется в их приближениях, воспринимаемых как границы определенных аппроксимирующих последовательностей обычных функций (например, ступенчатых). Проблема заключается в наличии точек разрывов у ступенчатых функций, в которых их невозможно дифференцировать в математическом смысле. В этом случае организационно-управленческое поведение не может быть представлено во времени и пространстве для сложной социально-экономической системы в процессах ее скачкообразного перехода к V–VI ОТУ. Требуются специальные методы аналитической оценки консолидации ресурсов и конвергенции траекторий целевого развития в области плановых значений.

Решение указанной проблемы и выбранная методология реализации целей определили гипотезу повышения возможностей представления моделей краткосрочных процессов скачкообразных

## Управление социально-экономическими системами

высокотехнологичных преобразований предприятия в циклах интеграции ресурсов комплекса с использованием математической модели обобщенных функций определенным набором вложенных функций их аналитической аппроксимации. Предположено, что вложенные функции могут отображать балансирующие воздействия функций и показателей качества управления, а их число и директивность применения в стратегических планах или проектах развития объектов должны регулироваться в ЦУР комплекса.

Для детализации концепции разработана циклическая аналоговая модель последовательности процессов и этапов регулирования интеграционно-балансирующих комплементарных воздействий диверсифицированных ресурсов в расширенном пространстве комплекса и времени циклов [5, с. 14]. Она направлена на организацию процессов повышения качества управления в циклах развития (рис. 3).

Модель использована для отображения этапов процессуальной динамики. Формирование системы МИБУ, организация ЦУР комплекса, разработка дополнительных функций регулирования необходимы на эволюционном этапе разработки концепции повышения качества управления методами интеграции ресурсов (квадрант 1). Для обеспечения целевого или нормативного качества управления в области целевых значений эффективности скачкообразного перехода к высокотехнологичному развитию следует использовать воздействия дополнительных функций управления интеграцией

их ресурсов, реализуемых в системе МИБУ (квадрант 2). Это направлено на управляемое развитие методами интеграции ресурсов в квадранте 3 даже в условиях снижающейся эффективности и инновационности технологий. В квадранте 4 показан этап процессов, отличающихся консервативно-самоорганизующимися изменениями объектов комплекса в условиях дезинтеграции ресурсов. Выявлены самопроизвольные явления с характерными признаками дивергенции целей. Для минимизации негативных эффектов в исследовании предполагается разработка методов акселерации и регулирования интенсивности воздействий функций интеграции ресурсов в системе МИБУ (при решении третьей задачи исследования). Указанные типы процессов реализуются далее на основе аналого-цифровой модели по критерию снижения техно-гуманитарного дисбаланса регулированием четырех типов прямых и обратных связей системы МИБУ предприятия с объектами комплекса.

В исследовании возможностей качественного улучшения механизма управления для принятия требуемых решений использованы математические приемы снижения парадокса сжатия времени и пространства [5]. Он выявляется в период теоретически единовременной для технических систем, и практически – краткосрочной (до 1 года) продолжительности высокотехнологичных трансформаций. Для этого использована интегральная техно-гуманитарная аналого-цифровая модель МИБУ, нацеленная на комбинирование нематериальных и материальных ресурсов высокотехнологичных



Рис. 3. Циклическая аналоговая модель интеграционно-балансирующего управления развитием объектов комплекса в расширенном пространстве интеграции методов и ресурсов

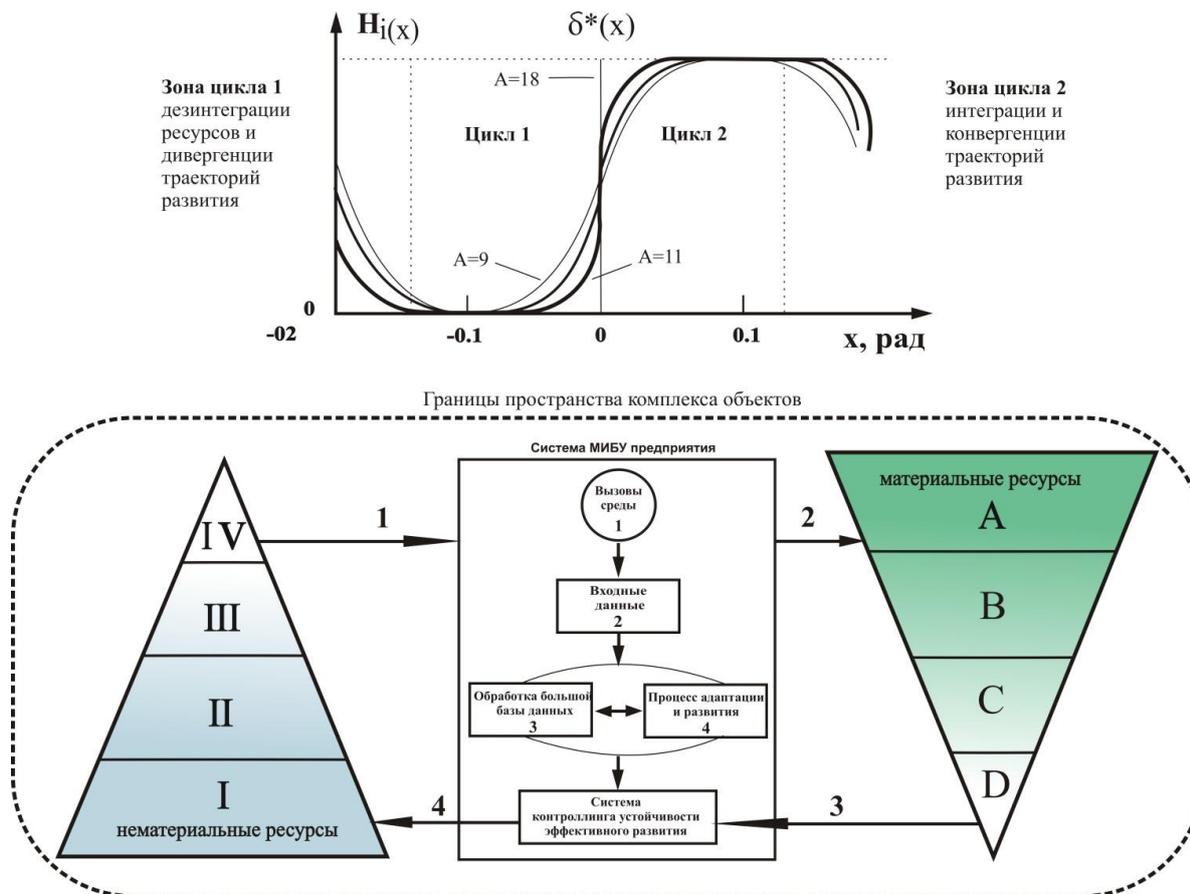


Рис. 4. Интегральная техно-гуманитарная аналого-цифровая модель механизма интеграционно-балансирующего управления (МИБУ) комбинированием нематериальных и материальных ресурсов высокотехнологичных преобразований предприятия в расширенном пространстве комплекса объектов (доработано по [5, с. 16])

преобразований (рис. 4). Показаны этап и область 1 эволюционного формирования дополнительных функций и область 2 скачкообразных процессов появления структур ЦУР, соответствующие квадрантам 1 и 2 циклической аналоговой модели на рис. 3. Для анализа процесса организации скачкообразных переходов в диапазонах  $-0,15 \dots 0$  рад. и  $0,15 \dots 0$  рад. изменений факторов исследованы процессы скачка-перехода предприятия ступенчатого вида к высокой технологии или новому организационному методу. Подтверждены неудовлетворительные результаты в цикле 2 с применением только базовых стандартных функций управления и низкотехнологичных процессов функционирования предприятия. Отсутствию комплементарной (дополняющей) интеграции ресурсов и кооперации в комплекс обосновывает стратегию расширения пространства интеграции предполагаемых ресурсов (соответствует этапу 1 процессов и методов теоретической модели) для преобразования предприятия на этапах планирования и реализации проектов.

Рядом исследований доказана ощутимая величина условного расширения пространства представления функции (1) при аппроксимации растущим числом вложенных функций в диапазоне

$A = (9,10,11)$  [33]. На рис. 4 показаны графики соответствующих последовательных приближений, полученных по следующим формулам:

$$N_9(x) = 0,5(1 + \sin(A(A(A(A(A(A(A(x))))))))))$$

$$N_{10}(x) = 0,5(1 + \sin(A(A(A(A(A(A(A(A(x))))))))))$$

$$N_{11}(x) = 0,5(1 + \sin(A(A(A(A(A(A(A(A(A(x))))))))))$$

$$\text{где } A(x) = \frac{\pi}{2} \sin x.$$

Эффект расширения отображен на этапах перехода от цикла 1 в условиях низко-технологичного развития к циклу 2 процессов высокотехнологичного типа.

Показано увеличение толщины линий по мере увеличения числа вложений аппроксимирующих функций. Это доказывает гипотезу возможностей интерпретации процессов регулируемого повышения степени интеграции ресурсов и эффективности развития  $N_i$  по факторам роста инновационности во времени  $x = t$ . Выявлено, что при  $A=18$  аппроксимация максимально соответствует аппроксимации обобщенной функции Дирака (показано вертикальной линией на рисунке 2). Такое количество функций экономически неэффективно вследствие перерасхода ресурсов.

В исследовании возможностей расширения пространства интеграции ресурсов использовано аналоговое представление моделей традиционного типа (пирамид или лестниц повышения уровня знаний) [5]. Показаны возможности комбинирования четырех групп методов и ресурсов последовательности I–IV применения преимущественно нематериальных ресурсов развития компетенций с моделью применения методов инновационно-прорывного типа в последовательности A–B–C–D, когда учитываются инициативные воздействия преимущественно материальных ресурсов высоких технологий промышленности 4.0. Применение модели аналого-цифрового типа дает возможность распределить методы по этапам цикла инновационного развития и сопоставить их с количественными оценками. Первая модель отображает последовательность инклюзии (включения) объектов образования и интеграции их ресурсов. Она обеспечивает эффективность образовательных организаций типа 2.0, 3.0 только в качестве драйверов для развития экономики по индустриальной траектории (показано в квадранте 1 этапа процессов дивергенции целей на рис. 3). Показаны четыре уровня интеллектуально-когнитивных (познавательно-гуманитарных) и организационно-технических методов пространственно-временной интеграции ресурсов объектов в традиционной направленности повышения уровня компетенций инновационной восприимчивости персонала: I – образование в средней школе для приобретения начальных навыков и умений общетеоретического универсального уровня; II – высшее образование для получения умений и навыков профессионала в отдельной отрасли уровня бакалавра; III – магистратура и аспирантура для освоения исследовательских компетенций проектирования и креативного применения научных методов увеличения инновационности развития высокотехнологичного типа; IV – трансфер инновационных результатов исследований в сферу реальной экономики на основе планов и проектов. Выявлено, что методы преимущественного использования лишь нематериальных ресурсов недостаточно реализуют современные преимущества использования больших баз данных для цифрового моделирования.

Необходимость расширения масштабов применения искусственного интеллекта в технологии распределенной сети соответствует развиваемой нами идеи расширения пространства при формировании комплекса объектов. Требуется повышение качества регулирования взаимосвязей предприятия в условиях высокотехнологичных преобразований. Это определяет необходимость использования в формируемом комплексе «перевернутой» пирамиды методов высокотехнологичной промышленности 4.0, соответствующей факторам V–VI-го укладов. Воздействия ресурсов представлены в модели пирамидой обратной направленно-

сти следующими методами: А – био-, нано- и генная инженерия для использования в медицинских целях; В – производство материалов с минимальной энерго- и материалоемкостью аналогов живых существ и природы; С – масштабирование методов квантовой механики для создания новых веществ; D – применение аддитивных технологий цифровой промышленности на основе цифровых двойников, интернета вещей и другие SMART-технологии с использованием искусственного интеллекта.

Комбинирование методов аналого-цифрового типа позволяет углубить содержательный анализ количественной оценкой результатов их применения. В цифровой части модели обосновано расчетами и показано, что в цикле 1 эволюционных процессов формирования систем МИБУ с включением функции контроллинга достигается лишь сохранение уровня достигнутой эффективности (Н). Для высокотехнологичных преобразований предприятия в цикле 2 необходима интеграция методов А, В, С, D и I, II, III, IV для совместной организации процессов повышения качества управления. Это предложено реализовать воздействиями соответствующих функций управления на основе прямых и обратных связей (показаны стрелками), соответствующих четырем этапам цикла (см. рис. 3). Связь 1 отображает воздействия ресурсов объектов образования и науки комплекса на информационно-регулирующую подсистему МИБУ предприятия. Для их реализации используются дополнительные функции повышения инновационных компетенций персонала предприятия и т.п.; связь 2 учитывает воздействия ресурсов науки и образования на инновационность высокотехнологичного развития промышленности 4.0. При этом учитываются возможности совершенствования производства исследуемого предприятия. Связь 3 соответствует воздействиям высокотехнологичных факторов-вызовов V–VI-го ОТУ на предприятие, представленных влиянием промышленности 4.0. Они влияют на экономическую устойчивость предприятия. Поэтому включается в процесс регулирования качества система контроллинга. Связь 4 показывает ее воздействия на устойчивость процессов взаимодействия производственного предприятия с объектами комплекса при реализации совместных планов и проектов инновационного развития. Регулирование функций механизма направлено на изменение скорости выбора приоритетов и целевых показателей развития (см. рис. 1) для перехода от условий экономики постиндустриального типа к высокотехнологичному развитию в цикле 2. Дополнительные функции регулирования механизма должны быть разработаны при решении второй задачи исследования. Их необходимо включить в его информационно-регулирующую подсистему адаптации и развития: в блоке 1 подсистемы они будут учитывать изменения факторов среды и укладов; в блоке 2

другие функции обеспечат регулирование целенаправленности сбора и образования большой базы данных при исключении информационных шумов. В блоке 3 новые функции и технические средства будут повышать качество управления обработкой полученной большой базы данных, а в блоке 4 механизмы – осуществлять воздействия на принятие управленческих решений по стратегическому развитию предприятия с использованием возможностей искусственного интеллекта. Блоки 3 и 4 образуют подсистему регулирования качества управления (показано тонкими линиями). Готовые информационные продукты МИБУ поступают в систему контроллинга устойчивости развития предприятия. Они используются в структуре ЦУР для принятия управленческих решений в планах и проектах согласованного развития объектов комплекса по факторам трансформации ОТУ экономики.

#### Обсуждение результатов исследования

Практические возможности применения методов исследования и механизма управления показаны достигнутым прогрессом в реализации стратегического плана импортозамещения в условиях высокотехнологичных преобразований малого инновационного предприятия (МИП). Находясь в неблагоприятной ситуации кризиса, оно продолжает заниматься проектированием, реализацией, установкой климатических систем и вентиляции промышленных и гражданских зданий и сооружений. Устойчивость процессов повышения эффективности развития МИП во внешней среде до 2019 года обеспечивало наличие постоянных заказчиков, потребителей продукции, услуг и инвесторов. В условиях экономических санкций, кризиса и пандемии поставщики испытывают растущие проблемы, касающиеся закупки оборудования и комплектующих в зарубежных странах. Наличие на открытом рынке иных аналогичных конкурентов осложняет процедуру закупки и контроля качества. Для уменьшения проблем и решения практических задач исследования на постоянной основе в структуре МИП создан отдел управления стратегическим развитием с дополнительными функциями механизма и контроллинга устойчивости. В нем инициирован проект высокотехнологичных преобразований по факторам 5–6-го укладов. Концептуальная часть проекта основана на использовании разработанных нами моделей (рис. 1–4). Они определили необходимость разработки и реализации процессов перехода от технологий и методов квадрантов 4 и 1 к ресурсам комбинирования техно-гуманитарных инструментов высокотехнологичного развития МИП на этапах 2 и 3 цикла преобразований. В плановой части проекта на основе анализа потребностей были определены цели повышения эффективности и устойчивости предприятия по направлениям реверсивного инжиниринга. Это обусловлено тем, что в условиях импортозамещения необходимы технологии про-

изводства запасных частей к импортируемым кондиционерам и другой технике, недоступной в настоящее время. Это потребовало повышения компетенций персонала в соответствующих направлениях. Установлены плановые цели вывода на рынок инновационного, высоко конкурентного продукта – климатической системы отечественного производства в технологии интернета вещей, приспособленной к условиям SMART-города. Обоснована необходимость привлечения сторонних инвестиций и научного потенциала на основе формирования кооперационных и проектных связей в виртуальном комплексе научно-образовательных ресурсов ЮУрГУ и производственно-коммерческих возможностей МИП. Значительному повышению эффективности результатов реализации подобного проекта на практике в цикле 2 цифровой модели на рис. 4 способствовало формирование механизма интеграционно-балансирующего управления развитием МИП по факторам трансформации ОТУ. Результаты реализации проекта представлены в оценках увеличения доли инновационной продукции в общем объеме реализации товара, объема продаж программного обеспечения, направленного на дистанционное управление климатическими системами и диспетчеризации объектов в системе контроллинга устойчивости продаж инновационного климатического оборудования, оснащенного противовирусными ультрафиолетовыми лампами, безопасно работающими в присутствии человека и устраняющего вирусное загрязнение. В результате реализации проекта качественные показатели улучшились и не превышают пороговых значений даже в условиях кризиса (см. таблицу).

Уменьшены риски снижения эффективности в процессах скачкообразных переходов вследствие использования менеджеров по функциям регулирования информационных потоков и контроллинга во вновь сформированной структуре отдела управления стратегическим развитием МИП. Сформированная система МИБУ обеспечивает реализацию планов и проектов стратегического развития предприятия по критериям эффективности высокотехнологичного развития и снижения техно-гуманитарного дисбаланса.

#### Выводы

Таким образом, в статье раскрыты следующие результаты исследования:

1. Обоснован выбор метода балансирующего управления инновационным развитием системы в расширенном пространстве интеграции методов и ресурсов предприятия в комплексе и условиях нестабильности внешней среды при высокотехнологичных преобразованиях.

2. Сформулирована концепция повышения качества управления преобразованиями на основе методологии интеграционно-балансирующего управления, разработки механизма управления по

# Управление социально-экономическими системами

Результаты реализации проекта разработки и реализации интеграционно-балансирующего механизма управления высокотехнологичным развитием малого инновационного предприятия

Используемая технология и методы	Целевые показатели проекта	Результаты реализации проекта, %		
		Конец 2018 года	Начало 2020 года	Пороговое значение
Инновационное программное обеспечение	Повышение доли инновационных программных продуктов	48,46	53,82	Не менее 50
Инновационное климатическое оборудование высокотехнологичного типа	Повышение объема продаж инновационного оборудования	24,1	32,7	Относительный рост
Подготовка и повышение квалификации молодых специалистов	Повышение доли молодых специалистов	19,5	23,63	Не менее 20

факторам ОТУ экономики и комбинирования аналого-цифровых моделей в циклах развития.

3. Применен новый подход к совершенствованию управления информационными потоками, отличающийся формированием механизма управления с включением систем контроллинга и информации в формируемую структуру Центра управления развитием комплекса объектов. Регулирование процессов осуществляется по результатам моделирования на основе комбинирования аналоговых и цифровых моделей интеграции нематериальных и материальных ресурсов.

4. Представлены практические результаты успешной реализации проекта высокотехнологичных преобразований производственно-коммерческого малого предприятия на основе разработанной методики совершенствования управления по факторам V–VI -го укладов экономики.

## Литература

1. Bloomberg, *Coronavirus Could Cost the Global Economy \$2.7 Trillion*. – <https://www.bloomberg.com/graphics/2020-coronavirus-pandemic-global-economic-risk/> (дата обращения 15.04.2020).

2. Россия и мир: 2020. Экономика и внешняя политика. Ежегодный прогноз / рук. проекта: А.А. Дынкин, В.Г. Барановский; отв. ред.: Г.И. Мачавариани, И.Я. Кобринская. – М.: ИМЭМО РАН, 2019. – 172 с.

3. Россия и страны мира 2018: статистический сборник / отв. ред. С.Н. Егоренко. – М.: Росстат, 2018. – 375 с.

4. Худякова, Т.А. Формирование системы контроллинга финансово-экономической устойчивости промышленного предприятия: автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Худякова Татьяна Альбертовна. – Челябинск, 2018. – 40 с.

5. Алабугин, А.А. Модели теории и методологии интеграционно-балансирующего управления ресурсами интеллектуального труда и капитала в условиях сингулярности технологий: концепту-

альные основы исследования // *Интеллект. Инновации. Инвестиции*. – 2019. – № 4. – С. 10–20.

6. Brixner C., Isaak P., Suarez D., Yogue G. *Back to the future. Is industry 4.0 a new technological paradigm? Implications for Latin American countries* // *Economics of Innovation and New Technology*, 2020. DOI: 10.1080/10438599.2020.1719642

7. Garcia-Flores V., Martos, LP., *Social innovation: Key factors for its development in the territories* // *CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, 2019, vol. 97/2019, pp. 245–278. DOI: 10.7203/CIRIEC-E.97.14148.

8. Bhamra R., Nand A., Yang LL., Albregard P., Azevedo G., Corraini D., Emiliasiq M. *Is lean still relevant? A review and research opportunities* // *Total Quality Management & Business Excellence*, 2020. DOI: 10.1080/14783363.2020.1750360.

9. Аганбегян, А.Г. Сокращение затрат на человеческий капитал снижает экономический рост [Электронный ресурс] / А.Г. Аганбегян. – [http://ruskline.ru/opp/2017/avgust/01/abel\\_aganbegyan\\_sokrawenie\\_zatrat\\_na\\_chelovecheskij\\_kapital\\_snihaet\\_ekonomicheskij\\_rost](http://ruskline.ru/opp/2017/avgust/01/abel_aganbegyan_sokrawenie_zatrat_na_chelovecheskij_kapital_snihaet_ekonomicheskij_rost) (дата обращения 26.11.2018).

10. Cainelli G., De Marchi V., Grandinetti R. *Do knowledge-intensive business services innovate differently?* // *Economics of Innovation and New Technology*, 2020, vol. 29, pp 48–65. DOI: 10.1080/10438599.2019.1585639.

11. Khalfallah M., Lakh L. *The impact of lean manufacturing practices on operational and financial performance: the mediating role of agile manufacturing* // *International Journal of Quality & Reliability Management*, 2020. DOI: 10.1108/IJQRM-07-2019-0244.

12. Chen, R., Lee, Y.D., Wang, CH. *Total quality management and sustainable competitive advantage: serial mediation of transformational leadership and executive ability* // *Total Quality Management & Business Excellence*, 2020, vol. 31, pp. 451–468. DOI: 10.1080/14783363.2018.1476132.

13. Brito E., Pais, L., dos Santos NR., Figueiredo C. Knowledge management, customer satisfaction and organizational image discriminating certified from non-certified (ISO 9001) municipalities // *International Journal of Quality & Reliability Management*, 2020, vol. 37, pp. 451–469. DOI: 10.1108/IJQRM-10-2018-0281.

14. Bagis, M., Karaguzel, ES., Kryeziu, L., Ardic, K. A longitudinal analysis on intellectual structure of human resources management // *Theoretical foundations and research trends*, vol. 6, pp. 796–814. DOI: 10.30798/makuiibf.569513

15. Rocha C., Narcizo CF., Gianotti E. Internet of Management Artifacts: Internet of Things Architecture for Business Model Renewal // *International Journal of Innovation and Technology Management*, 2019, vol. 16, No. 08. DOI: 10.1142/S0219877019500627

16. Asif M. Are QM models aligned with Industry 4.0? A perspective on current practices // *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 258. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120820.

17. Bilbao-Ubillos J., Camino-Beldarrain, V., Intxaurburu-Clemente G. Industry 4.0, proximity constraints and new challenges for industrial policy // *European Planning Studies*, 2020. DOI: 10.1080/09654313.2020.1753660.

18. Hipp A., Binz, C. Firm survival in complex value chains and global innovation systems: Evidence from solar photovoltaics // *Research Policy*, 2020, vol. 49. DOI: 10.1016/j.respol.2019.103876.

19. Xiao QZ., Shan, MY., Xiao, XP., Rao CJ. Evaluation Model of Industrial Operation Quality Under Multi-source Heterogeneous Data Information // *International Journal of Fuzzy Systems*, 2020, vol. 22, pp. 525–547. DOI: 10.1007/s40815-019-00776-x.

20. Asadi S., Pourhashemi SO., Nilashi M., Abdullah R., Samad S., Yadegaridehkordi E., Aljojo N., Razali NS. Investigating influence of green innovation on sustainability performance: A case on Malaysian hotel industry // *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 258. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120860.

21. Casalet, M., Stezano F. Risks and opportunities for the progress of digitalization in Mexico // *Economics of Innovation and New Technology*, 2020. DOI: 10.1080/10438599.2020.1719643.

22. Nhamo, G., Nhemachena, C. Using ICT indicators to measure readiness of countries to implement Industry 4.0 and the SDGs // *Environmental Economics and Policy Studies*, 2020, vol. 22, pp 315–337. DOI: 10.1007/s10018-019-00259-1.

23. Casagrande-Seretti A., Montagna F., Cascini G. A decision support model to assess technological

paradigms // *International Journal of Technology Management*, 2019, vol. 80, pp. 61–84. DOI: 10.1504/IJTM.2019.099767.

24. Clegg B. Improving systemic success factors in a university to achieve more effective and efficient operations Using the ProOH modelling methodology // *Business Process Management Journal*, 2020, vol. 26, pp. 630–654. DOI: 10.1108/BPMJ-11-2017-0308.

25. Mitreva, E., Gorkov, EP., Gjorshevski, H., Tushi, B. Application of the Total Quality Management (TQM) Philosophy in a Macedonian Air Conditioning Company // *Quality – Access to Success*, 2020, vol. 21, pp. 45–51. Available at: [https://www.srac.ro/calitatea/en/authors\\_guide.htm...](https://www.srac.ro/calitatea/en/authors_guide.htm...)

26. Pisar, P., Bilkova, D. Controlling as a tool for SME management with an emphasis on innovations in the context of Industry 4.0. Equilibrium // *Quarterly Journal of economics and Economic Policy*, 2019, vol. 14, pp. 763–785. DOI: 10.24136/eq.2019.035.

27. Wang, SX., Lu, WM., Hung, SW. Improving innovation efficiency of emerging economies: The role of manufacturing // *Managerial and decision economics*, 2019, vol. 41, pp. 503–519. DOI: 10.1002/mde.3116.

28. Omelyanenko V. Institutional strategies of system security of technological & innovation systems // *Baltic Journal of Economic Studies*, 2019, vol. 5, pp. 150–159. DOI: 10.30525/2256-0742/2019-5-1-150-159.

29. Weber, KM., Gudowsky, N., Aichholzer, G. Foresight and technology assessment for the Austrian parliament – Finding new ways of debating the future of industry 4.0 // *Futures*, 2019, vol. 109, pp. 240–251. DOI: 10.1016/j.futures.2018.06.018.

30. Szalavetz, A. Digitalisation, automation and upgrading in global value chains-factory economy actors versus lead companies // *Post-Communist Economies*, 2019, vol. 31, pp. 646–670. DOI: 10.1080/14631377.2019.1578584.

31. Postula, M., Raczkowski, K. The Impact of Public Finance Management on Sustainable Development and Competitiveness in EU Member States // *Journal of Competitiveness*, 2020, vol. 12, pp. 125–144. DOI: 10.7441/joc.2020.01.08.

32. Li, DY., Heimeriks, G., Alkemade, F. The emergence of renewable energy technologies at country level: relatedness, international knowledge spillovers and domestic energy markets // *Industry and Innovation*, 2020. DOI: 10.1080/13662716.2020.1713734.

33. Алюков, С.В. Аппроксимация ступенчатых функций в задачах математического моделирования / С.В. Алюков // *Математическое моделирование, журнал РАН*. – 2011. – Т. 23, № 3. – С. 75–88.

**Алабугин Анатолий Алексеевич**, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры «Прикладная экономика» Высшей школы экономики и управления, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), [alabuginaa@susu.ru](mailto:alabuginaa@susu.ru)

**Худякова Татьяна Альбертовна**, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой «Прикладная экономика» Высшей школы экономики и управления, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), [khudiakovata@susu.ru](mailto:khudiakovata@susu.ru)

**Шмидт Андрей Владимирович**, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры «Прикладная экономика» Высшей школы экономики и управления, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), [shmidtav@susu.ru](mailto:shmidtav@susu.ru)

**Волков Вадим Витальевич**, аспирант кафедры «Прикладная экономика» Высшей школы экономики и управления, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), [green.abc@ua.ru](mailto:green.abc@ua.ru)

*Поступила в редакцию 22 июня 2020 г.*

DOI: 10.14529/em200316

## HIGH-TECH DEVELOPMENT OF AN ENTERPRISE: FORMATION OF AN INTEGRATION- BALANCING MANAGEMENT MECHANISM

**A.A. Alabugin, T.A. Khudyakova, A.V. Schmidt, V.V. Volkov**

*South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation*

The article substantiates the relevance of the formation of a management mechanism for high-tech development of an enterprise in the context of the transformation of organizational and technological structures and the uncertainty of their impact. It is proposed to solve the problems of imperfection of management methods for high-tech development of an enterprise on the basis of the methodology of integration-balancing management. A hypothesis for improving the efficiency of the results of short-term jump-type processes of transition to a stable high-tech type of development based on the results of analog-digital modeling is formulated. It implies the possibility of regulating processes based on the economic interpretation of a certain set of management functions for such development. The hypothesis is proved using the mathematical tools of analytical approximation of generalized stepwise functions. It has been established that the assumptions on the sustainability of the effective implementation of management processes for the innovative development of an enterprise are achievable in the formed complex of objects of complementary fields of activity. Such results are achieved and maintained in the target values by methods of improving the quality of management and expanding the space for integrating methods and resources in the spheres of education, science and production. New organizational approaches to the formation of a development management center are proposed, additional functions of regulating the quality of management based on the integration of resources are formulated. Integration is provided by a new tool set, represented by an analog-digital model of an integration-balancing type of control mechanism, including information management systems and controlling the sustainability of effective development. The simulation results have proved practical recommendations for improving management at a small innovation enterprise in the context of interaction with the facilities of the complex. This helps to implement the project of its transfer to the high-tech type of development according to the factors of the V–VI organizational and technological structures of the economy.

**Keywords:** integration-balancing management, analog-digital model, high-tech development, Development Management Center.

### References

1. Bloomberg, Coronavirus Could Cost the Global Economy \$2.7 Trillion. Available at : <https://www.bloomberg.com/graphics/2020-coronavirus-pandemic-global-economic-risk/> (accessed 15.04.2020).
2. Rossiya i mir: 2020. Ekonomika i vneshnyaya politika. Ezhegodnyy prognoz [Russia and the World: 2020. Annual Forecast: Economy and Foreign Policy]. Edited by G.I. Machavariani, I.Ya. Kobrinskaya. Moscow, 2019. 172 p.

3. Rossiya i strany mira 2018: statisticheskiy sbornik [Russia and the Countries of the World 2018: Statistical Collection]. Edited by S.N. Egorenko. Moscow, 2018. 375 p.
4. Khudyakova T.A. Formirovaniye sistemy kontrollinga finansovo-ekonomicheskoy ustoychivosti promyshlennogo predpriyatiya [Formation of a Controlling System for the Financial and Economic Sustainability of an Industrial Enterprise: Abstract of a thesis, Doctor of Sciences (Economics) ]. Chelyabinsk, 2018. 40 p.
5. Alabugin A.A. [Models of Theory and Methodology of Integration-balancing Management of Intellectual Labor and Capital Resources under the Singularity Conditions of Technologies: Conceptual Bases of Research]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii [Intellect. Innovation. Investments]*, 2019, no. 4, pp. 10–20. (in Russ.)
6. Brixner C., Isaak P., Suarez D., Yoguel G. Back to the future. Is industry 4.0 a new tecno-organizational paradigm? Implications for Latin American countries. *Economics of Innovation and New Technology*, 2020. DOI: 10.1080/10438599.2020.1719642
7. Garcia-Flores V., Martos LP., *Social innovation: Key factors for its development in the territories.* CIRIEC-España, *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, 2019, vol. 97/2019, pp. 245–278. DOI: 10.7203/CIRIEC-E.97.14148.
8. Bhamra R., Nand A., Yang LL., Albregard P., Azevedo G., Corraini D., Emiliasiq M. Is leagile still relevant? A review and research opportunities. *Total Quality Management & Business Excellence*, 2020. DOI: 10.1080/14783363.2020.1750360.
9. Aganbegyan A.G. Sokrashchenie zatrat na chelovecheskiy kapital snizhaet ekonomicheskij rost [Reducing Human Capital Costs Decreases the Economic Growth]. Available at: [http://ruskline.ru/opp/2017/avgust/01/abel\\_aganbegyan\\_sokrawenie\\_zatrat\\_na\\_chelovecheskiy\\_kapital\\_snizhaet\\_ekonomicheskij\\_rost](http://ruskline.ru/opp/2017/avgust/01/abel_aganbegyan_sokrawenie_zatrat_na_chelovecheskiy_kapital_snizhaet_ekonomicheskij_rost) (accessed 26.11.2018).
10. Cainelli G., De Marchi V., Grandinetti R. Do knowledge-intensive business services innovate differently? *Economics of Innovation and New Technology*, 2020, vol. 29, pp 48–65. DOI: 10.1080/10438599.2019.1585639.
11. Khalfallah M., Lakh L. The impact of lean manufacturing practices on operational and financial performance: the mediating role of agile manufacturing. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 2020. DOI: 10.1108/IJQRM-07-2019-0244.
12. Chen R., Lee Y.D., Wang C.H. Total quality management and sustainable competitive advantage: serial mediation of transformational leadership and executive ability. *Total Quality Management & Business Excellence*, 2020, vol. 31, pp. 451–468. DOI: 10.1080/14783363.2018.1476132.
13. Brito E., Pais, L., dos Santos NR., Figueiredo C. Knowledge management, customer satisfaction and organizational image discriminating certified from non-certified (ISO 9001) municipalities. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 2020, vol. 37, pp. 451–469. DOI: 10.1108/IJQRM-10-2018-0281.
14. Bagis, M., Karaguzel, ES., Kryeziu, L., Ardic, K. A longitudinal analysis on intellectual structure of human resources management. *Theoretical foundations and research trends*, vol. 6, pp. 796–814. DOI: 10.30798/makuiibf.569513
15. Rocha C., Narcizo CF., Gianotti E. *Internet of Management Artifacts: Internet of Things Architecture for Business Model Renewal.* *International Journal of Innovation and Technology Management*, 2019, vol. 16, no. 08. DOI: 10.1142/S0219877019500627
16. Asif M. Are QM models aligned with Industry 4.0? A perspective on current practices // *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 258. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120820.
17. Bilbao-Ubillos J., Camino-Beldarrain V., Intxaurburu-Clemente G. Industry 4.0, proximity constraints and new challenges for industrial policy. *European Planning Studies*, 2020. DOI: 10.1080/09654313.2020.1753660.
18. Hipp A., Binz, C. Firm survival in complex value chains and global innovation systems: Evidence from solar photovoltaics. *Research Policy*, 2020, vol. 49. DOI: 10.1016/j.respol.2019.103876.
19. Xiao QZ., Shan M.Y., Xiao X.P., Rao C.J. Evaluation Model of Industrial Operation Quality Under Multi-source Heterogeneous Data Information. *International Journal of Fuzzy Systems*, 2020, vol. 22, pp. 525–547. DOI: 10.1007/s40815-019-00776-x.
20. Asadi S., Pourhashemi S.O., Nilashi M., Abdullah R., Samad S., Yadegaridehkordi E., Aljojo N., Razali NS. Investigating influence of green innovation on sustainability performance: A case on Malaysian hotel industry. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 258. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120860.
21. Casalet, M., Stezano F. Risks and opportunities for the progress of digitalization in Mexico. *Economics of Innovation and New Technology*, 2020. DOI: 10.1080/10438599.2020.1719643.
22. Nhamo G., Nhemachena C. Using ICT indicators to measure readiness of countries to implement Industry 4.0 and the SDGs. *Environmental Economics and Policy Studies*, 2020, vol. 22, pp. 315–337. DOI: 10.1007/s10018-019-00259-1.

23. Casagrande-Seretti A., Montagna F., Cascini G. A decision support model to assess technological paradigms. *International Journal of Technology Management*, 2019, vol. 80, pp. 61–84. DOI: 10.1504/IJTM.2019.099767.
24. Clegg B. Improving systemic success factors in a university to achieve more effective and efficient operations Using the ProOH modelling methodology. *Business Process Management Journal*, 2020, vol. 26, pp. 630–654. DOI: 10.1108/BPMJ-11-2017-0308.
25. Mitreva E., Gorkov EP., Gjorshevski H., Tushi B. Application of the Total Quality Management (TQM) Philosophy in a Macedonian Air Conditioning Company. *Quality – Access to Success*, 2020, vol. 21, pp. 45–51. Available at: [https://www.srac.ro/calitatea/en/authors\\_guide.htm...](https://www.srac.ro/calitatea/en/authors_guide.htm...)
26. Pizar P., Bilkova D. Controlling as a tool for SME management with an emphasis on innovations in the context of Industry 4.0. *Equilibrium. Quarterly Journal of economics and Economic Policy*, 2019, vol. 14, pp. 763–785. DOI: 10.24136/eq.2019.035.
27. Wang S.X., Lu W.M., Hung S.W. Improving innovation efficiency of emerging economies: The role of manufacturing. *Managerial and decision economics*, 2019, vol. 41, pp. 503–519. DOI: 10.1002/mde.3116.
28. Omelyanenko V. Institutional strategies of system security of technological & innovation systems. *Baltic Journal of Economic Studies*, 2019, vol. 5, pp. 150–159. DOI: 10.30525/2256-0742/2019-5-1-150-159.
29. Weber, KM., Gudowsky, N., Aichholzer, G. Foresight and technology assessment for the Austrian parliament – Finding new ways of debating the future of industry 4.0. *Futures*, 2019, vol. 109, pp. 240–251. DOI: 10.1016/j.futures.2018.06.018.
30. Szalavetz, A. Digitalisation, automation and upgrading in global value chains-factory economy actors versus lead companies. *Post-Communist Economies*, 2019, vol. 31, pp. 646–670. DOI: 10.1080/14631377.2019.1578584.
31. Postula M., Raczkowski K. The Impact of Public Finance Management on Sustainable Development and Competitiveness in EU Member States. *Journal of Competitiveness*, 2020, vol. 12, pp. 125–144. DOI: 10.7441/joc.2020.01.08.
32. Li D.Y., Heimeriks G., Alkemade F. The emergence of renewable energy technologies at country level: relatedness, international knowledge spillovers and domestic energy markets. *Industry and Innovation*, 2020. DOI: 10.1080/13662716.2020.1713734.
33. Alyukov S.V. [Approximation of step functions in problems of mathematical modeling]. *Matematicheskoe modelirovanie, zhurnal RAN [Mathematical Models and Computer Simulations]*, 2011, vol. 23, no. 3, pp. 75–88. (in Russ.)

**Anatoly A. Alabugin**, doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of applied Economics» Higher school of Economics and management, South Ural state University (Chelyabinsk), alabuginaa@susu.ru

**Tatyana A. Khudyakova**, doctor of Economics, Professor, head of the Department of applied Economics» Higher school of Economics and management, South Ural state University (Chelyabinsk), khudiakovata@susu.ru

**Andrey V. Schmidt**, doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of applied Economics» Higher school of Economics and management, South Ural state University (Chelyabinsk), shmidtav@susu.ru

**Vadim V. Volkov**, post-graduate student of the Department of applied Economics» Higher school of Economics and management, South Ural state University (Chelyabinsk), green.abc@ya.ru.

Received June 22, 2020

---

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Высокотехнологичное развитие предприятия: формирование интеграционно-балансирующего механизма управления / А.А. Алабугин, Т.А. Худякова, А.В. Шмидт, В.В. Волков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2020. – Т. 14, № 3. – С. 149–162. DOI: 10.14529/em200316

### FOR CITATION

Alabugin A.A., Khudyakova T.A., Schmidt A.V., Volkov V.V. High-Tech Development of an Enterprise: Formation of an Integration- Balancing Management Mechanism. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2020, vol. 14, no. 3, pp. 149–162. (in Russ.). DOI: 10.14529/em200316