НОВАЯ НАУКА

Международный центр
научного партнерства

NEW SCIENCE

International Center
for Scientific Partnership

РАЗВИТИЕ ОБЩЕСТВА И НАУКИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Монография

г. Петрозаводск
МЦНП «Новая наука»
2021

УДК 001.12
ББК 70
Р17

Рекомендовано к публикации редакционной коллегией МЦНП «Новая наука»

Рецензенты:

Аймурзина Б. Т.
доктор экономических наук, профессор
Казахский университет экономики, финансов и международной торговли

Андрианова Л. П.
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Коллектив авторов:

Вовк Е.В., Горбунова Н.В., Зенков А.В., Зенков Е.В., Зенков М.А., Исмаилов К.,
Ляменков А.К., Новикова А.В., Ушаков Е.В.

Р17 РАЗВИТИЕ ОБЩЕСТВА И НАУКИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ
ЭКОНОМИКИ : монография / [Вовк Е. В. и др.]. – Петрозаводск : МЦНП
«Новая наука», 2021. – 200 с. : ил. — Коллектив авторов.

ISBN 978-5-00174-293-7

В монографии рассматривается круг актуальных вопросов, стоящих перед современными исследователями в обозначенных областях, предлагается новое видение ряда концептов. Издание может быть полезно научным работникам, специалистам-практикам, преподавателям всех уровней образования, интересующимся проблемами развития современной науки.

Авторы публикуемых статей несут ответственность за содержание своих работ, точность цитат, легитимность использования иллюстраций, приведенных цифр, фактов, названий, персональных данных и иной информации, а также за соблюдение законодательства Российской Федерации и сам факт публикации.

Полные тексты статей в открытом доступе размещены в Научной электронной библиотеке Elibrary.ru в соответствии с Договором № 467-03/2018К от 19.03.2018 г.

УДК 001.12
ББК 70

ISBN 978-5-00174-293-7

© Коллектив авторов, текст, иллюстрации, 2021
© МЦНП «Новая наука» (ИП Ивановская И.И.), оформление, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

РАЗДЕЛ I. ТЕНДЕНЦИИ ПРОЦЕССА ЦИФРОВИЗАЦИИ В СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИКЕ	4
ЦИФРОВЫЕ НОВАЦИИ ПРИ ОФОРМЛЕНИИ И ИСПОЛНЕНИИ ВНЕШНЕТОРГОВЫХ КОНТРАКТОВ В СОВРЕМЕННОЙ МИРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ	4
<i>Ляменков Андрей Константинович</i>	
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО БРЕНДА БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГА	22
<i>Новикова Александра Владимировна</i>	
СЕРВИС ONLINE ПОИСКА ПОСТАВЩИКОВ КАК СРЕДСТВО ОПТИМИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ПРЕДПРИЯТИЙ	43
<i>Новикова Александра Владимировна</i>	
ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИЗАЦИИ В СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЕ	60
<i>Ушаков Евгений Владимирович</i>	
РАЗДЕЛ II. ЧЕЛОВЕК, ОБЩЕСТВО, ТЕХНОЛОГИИ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ	76
АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ГОТОВНОСТИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВУЗА К ВНЕДРЕНИЮ ТЕХНОЛОГИИ СМЕШАННОГО ОБУЧЕНИЯ	76
<i>Горбунова Наталья Владимировна, Вовк Екатерина Владимировна</i>	
УСТОЙЧИВОСТЬ СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ ЗА ПРЕДЕЛОМ УПРУГОСТИ	91
<i>Исмаилов Кубаймурат</i>	
ПРОБЛЕМА НАУЧНОГО ТВОРЧЕСТВА В СОВРЕМЕННОЙ ФИЛОСОФИИ НАУКИ: АЛГОРИТМЫ, ЭВРИСТИКИ, МОДЕЛИ НАУЧНО-ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО ПОИСКА	137
<i>Ушаков Евгений Владимирович</i>	
НОВЫЙ МЕТОД АТРИБУЦИИ ТЕКСТОВ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИКИ ЧИСЛИТЕЛЬНЫХ: ОБЗОР РЕЗУЛЬТАТОВ	153
<i>Зенков Андрей Вячеславович, Зенков Евгений Вячеславович, Зенков Мирослав Андреевич</i>	

РАЗДЕЛ I.

**ТЕНДЕНЦИИ ПРОЦЕССА ЦИФРОВИЗАЦИИ
В СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИКЕ**

УДК 339.56

**ЦИФРОВЫЕ НОВАЦИИ ПРИ ОФОРМЛЕНИИ
И ИСПОЛНЕНИИ ВНЕШНЕТОРГОВЫХ КОНТРАКТОВ
В СОВРЕМЕННОЙ МИРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ**

Ляменков Андрей Константинович

к.э.н., доцент

экономический факультет

Московский государственный

университет имени М.В. Ломоносова

Аннотация: В главе монографии рассматриваются новые формы оформления и исполнения внешнеторговых контрактов, связанные с цифровизацией внешнеэкономической деятельности в мировой экономике. Анализируется применение во внешнеторговых операциях смарт-контрактов, в том числе основанных на технологии блокчейн, использование инновационных цифровых форм заключения внешнеторговых договоров и расчетов по ним, их преимущества и связанные с ними риски.

Ключевые слова: цифровизация, мировая экономика, внешнеторговые операции, смарт-контракты, расчеты по внешнеторговым операциям.

**DIGITAL INNOVATIONS IN THE DESIGN AND EXECUTION
OF FOREIGN TRADE CONTRACTS
IN THE MODERN WORLD ECONOMY**

Lyamenkov Andrey Konstantinovich

Abstract: The chapter of the monograph examines new forms of design and execution of foreign trade contracts related to the digitalization of foreign economic activity in the world economy. The chapter analyzes the use of smart contracts in foreign trade operations, including those based on blockchain technology, the use of innovative digital forms of concluding foreign trade contracts and settlements under them, their advantages and associated risks.

Key words: Digitalization, the world economy, foreign trade operations, smart contracts, settlements on foreign trade operations.

Предметом изучения в данной главе монографии являются инновационные формы оформления, реализации и расчетов по внешнеторговым операциям, а также финансирования участников внешнеторговой деятельности, связанные с продолжающимися в настоящее время процессами цифровизацией мировой экономики в целом, а также цифровизации сферы внешнеэкономической деятельности.

Вероятно, одной их наиболее важных новаций в данной области следует признать применение вместо традиционных, ранее привычных всем внешнеторговых контрактов, так называемых, смарт-контрактов (в дословном переводе с английского – «умных» контрактов).

Считается, что концепция умных контрактов была впервые разработана и предложена американским ученым венгерского

происхождения Ником Сабо (Nick Szabo) еще в 1994–1997 гг. Согласно максимально краткому определению под его авторством, подобные контракты – это «цифровое представление набора обязательств между сторонами, включающее в себя протокол исполнения этих обязательств» [1].

В самом общем виде смарт-контракты можно определить как договоры с использованием автоматизированного протокола взаимодействия между контрагентами, вступившими в договорные отношения, причем выполнение своих обязательств одним контрагентом автоматически запускает процесс расчетов по контракту, а выполнение его условий подтверждается автоматизировано, посредством использования для этого компьютерного программного кода. То есть компьютерные алгоритмы «следят» за выполнением условий транспортировки, хранения и использования товаров в цепи их трансграничной поставки от продавца покупателю.

Несмотря на то, что смарт-контракты во внешней торговле часто связывают с использованием компьютерной технологии блокчейн (распределенных компьютерных реестров), применяемой для фиксации их заключения, выполнения контрактных условий и расчетов по контрактам, однако они возможны и с использованием иных цифровых технологий, не обязательно на основе блокчейна. И осуществление расчетов по смарт-контрактам также не обязательно связано с технологией блокчейн или расчетами в криптовалютах, стейблкоинах или цифровых валютах центральных банков (CBDC, с 2020 г. широко тестируется цифровой юань в КНР как национальная CBDC, начало тестирование цифрового рубля в Российской Федерации предполагается с 2022 г.). Хотя нельзя отрицать тот факт, что выполнение контрагентами своих платежных обязательств посредством оплаты в цифровых валютах (частных или фиатных – цифровых

валютах центральных банков), действительно, хорошо сочетается с реализацией внешнеторговых смарт-контрактов.

Приведем дополнительно несколько заслуживающих внимания дефиниций смарт-контрактов. Так, аналитики Банка России еще в 2018 г. отмечали: «Смарт-контракт может быть определен как договор между двумя и более сторонами об установлении, изменении или прекращении юридических прав и обязанностей, в котором часть или все условия записываются, исполняются и/или обеспечиваются компьютерным алгоритмом автоматически в специализированной программной среде» [2, с. 3].

Представляет также интерес определение, предложенное экспертом ВТО в докладе с говорящим названием: «Может ли блокчейн произвести революцию в международной торговле?». Так, согласно Э. Ганне, «смарт-контракты – это компьютерные программы, которые автоматически приводят себя в исполнение без вмешательства третьей стороны при выполнении определенных условий (основанные на логике «если... то...», например, если товар выгружается в порту X, то средства переводятся). В них излагаются обязательства каждой из сторон «контракта», а также выгоды и штрафы, которые могут причитаться любой из сторон при различных обстоятельствах» [3, с. 13].

Эксперты по цифровой экономике сходятся во мнении, что взаимодействие между контрагентами, реализуемое посредством заключения и исполнение смарт-контрактов, способно сократить транзакционные издержки на проведение торговых операций и осуществление контроля за ними, увеличивает скорость их выполнения и сокращает риски оппортунистического (недобросовестного) поведения контрагентов, может максимально сократить или даже полностью исключить разнообразных

избыточных посредников из внешнеторговой сделки. Вся необходимая документация, относящаяся к договору, не только финансовая, становится частью одного «умного» контракта. Для смарт-контрактов, основанных на технологии блокчейн, характерной особенностью становится возможность проконтролировать исполнение внешнеторговой операции на всех её этапах и, что особенно важно для её участников, – удостовериться в том, что контрагент выполнил свою часть сделки.

Отметим, что применение смарт-контрактов возможно не только в сфере торговли товарами и услугами, в том числе международной. Перспективно использование смарт-контрактов в операциях с финансовыми активами и инструментами, в том числе цифровыми, в страховании и банковских операциях, операциях по учету прав на активы и обязательств различного характера и др., а также в сфере предоставления услуг сектором государственного управления.

Первый случай применения смарт-контракта во внешнеторговых операциях, в котором предусматривалась аккредитивная форма расчетов за поставку товаров, а при исполнении своих обязательств банком, открывшим аккредитив, осуществлялся перевод традиционных фиатных денег через сеть банков–корреспондентов, был зафиксирован в 2016 г. Речь шла о поставке сыра и масла на сумму 100000 долл. США фирмой Ornuva (Израиль) в адрес компании, базирующейся на Сейшельских островах. Груз следовал морским транспортом, при этом товары были маркированы датчиками геолокации, закрепленными на контейнерах. Как только судно зашло в порт назначения, датчики через Интернет отправили сигнал в компьютерную программу. Поскольку базисное условие поставки предполагало переход рисков и ответственности за дальнейшую транспортировку груза от продавца покупателю именно в порту страны назначения, это подтверждало, что

обязанности поставщика товаров выполнены, и заменило собой предоставление в банк, открывший аккредитив, коммерческих документов, подтверждающих данный факт, а также их проверку сотрудниками банка на соответствие условиям аккредитива. В результате выплата денег продавцу была совершена за 4 часа вместо порядка 10 дней при обычных условиях. Не требовалось пересылать друг другу письменные документы, была исключена возможность их подделки.

За последние несколько лет в мире было разработано и введено в действие немало цифровых платформ, основанных на технологии блокчейн, для заключения и последующего сопровождения внешнеторговых смарт-контрактов. Так, с 2016 г. появляются блокчейн–платформы для внешнеторговых смарт-контрактов с использованием аккредитивной формы расчета. Например, это – платформа, разработанная Bank of America, HSBC и Infocomm Development Authority of Singapore; с 2017 г. аналогичная платформа Voltron для внешнеторговых сделок с аккредитивами, а также резервными аккредитивами и банковскими гарантиями (ныне проведен её ребрендинг под наименованием Contour) тестировалась группой из 11 международных по характеру деятельности банков, входящих в консорциум R3, включая Bangkok Bank, BNP Paribas, CTBC, Citi, ING, HSBC, SEB и Standard Chartered. С 2018 г. платформу для заключения смарт-контрактов во внешнеторговых операциях с аккредитивной формой расчетов предоставляет своим клиентам британский банк Barclays. При этом используются электронные (цифровые) документы в качестве документов, подтверждающих исполнение условий аккредитивов, эмитированных Barclays: электронные сертификат происхождения товара, полис страхования, коммерческий счет (инвойс), товарно-транспортная накладная.

Подготовленное экспертами ВТО резюме отличий между традиционным взаимодействием между внешнеторговыми контрагентами с использованием аккредитивной формы расчета по контракту и взаимодействием с применением смарт-контракта, основанного на технологии блокчейн, представлено на рис. 1.

Рис. 1. Традиционная модель исполнения внешнеторгового контракта с аккредитивной формой расчета и модель с использованием смарт-контракта на основе технологии блокчейн [3, с. 23]

Однако вспомним, что в 2010-х гг. объём международных внешнеторговых операций, в которых применяется форма расчета между контрагентами по открытому счету (с оплатой в установленный срок выставленного продавцом покупателю коммерческого счета – инвойса) примерно в 4 раза превышает объём операций с аккредитивной формой расчета. Поэтому не удивительно, что появляются цифровые платформы для

заключения и последующего сопровождения внешнеторговых смарт-контрактов, предусматривающих и оплату по открытому счету. Например, с 2018 г. функционирует блокчейн–платформа We.trade, учрежденная 9 банками 11 стран Европейского союза. В настоящее время платформа поддерживается CaixaBank, Deutsche Bank, ERSTE Group, HSBC, KBC, Rabobank, Société Générale, UniCredit, Nordea, Santander, UBS, IBM, UniCredit, Eurobank, CSOB, KB, CSAS и CBC. Импортёры и экспортёры записывают свои внешнеторговые транзакции на платформе после согласования условий контракта. Смарт-контракт обеспечивает гарантию оплаты и автоматического расчета при выполнении условий, определенных между сторонами. Платежи осуществляются на условиях открытого счета, а также с использованием банковской гарантии платежа покупателя товаров. Первые операции на данной платформе были проведены в июле 2018 г., а с 2021 г. она намерена распространить свою деятельность на все остальные макрорегионы планеты.

Проанализируем риски и недостатки использования смарт-контрактов в международном внешнеторговом бизнесе.

Первый существенный риск – это отсутствие в международном частном праве официально закрепленного статуса смарт-контрактов, их правового регулирования и защиты прав участников, из чего вытекает наличие существенных юридических рисков при их использовании. С учетом данного обстоятельства затрудняется решение любых спорных вопросов по контракту. Напомним, что для традиционных внешнеторговых контактов основными источниками международного частного права выступают Конвенция ООН о договорах международной купли-продажи товаров (так называемая Венская конвенция 1980 г.) и Гаагская конвенция о праве, применимом к договорам международной купли–продажи (1985 г.). В случае же смарт-контрактов изначально не ясно, в соответствии с правом какого государства должен составляться такой контракт и суд какой юрисдикции должен будет решать споры, если они возникнут при

исполнении таких внешнеторговых договоров, а также как будут решаться вопросы исполнения решений национальных судебных инстанций, затрагивающих трансграничные коммерческие отношения.

В 2017 г. Европейский центральный банк опубликовал доклад, в котором сформулировал вызовы в сфере правового регулирования, связанные с использованием «умных» контрактов. И в качестве приоритетного вызова отмечал затруднительность определения и фиксации юридического статуса для самого компьютерного программного кода, который является основой любого смарт-контракта [4].

В качестве подтверждения сложности решения вопроса юридического статуса смарт-контрактов приведем тот факт, что в некоторых блокчейн-платформах (таких, как упомянутая выше We.trade) вопросы ответственности для снижения юридических рисков устанавливаются в традиционном офлайн-контракте между компаниями – покупателем и продавцом товаров.

Относительно этого обстоятельства хочется также процитировать позицию, корректно изложенную в исследовании аудиторской и консалтинговой фирмы Deloitte: «Термин «смарт-контракт» на самом деле является неправильным: смарт-контракты не являются ни «умными» (в них нет когнитивного компонента или компонента искусственного интеллекта, только автоматическое выполнение заранее определенной задачи при соблюдении определенных условий), и они не являются контрактами в юридическом смысле» [5].

В то же время определенные усилия по укоренению смарт-контрактов в цифровой форме в международном частном праве применяются. Так, в 2017 г. Комиссия ООН по праву международной торговли (ЮНСИТРАЛ) принимает Модельный закон об электронных передаваемых записях, такие записи признаются функциональными эквивалентами бумажных оборотных документов или инструментов и позволяют держателю требовать исполнения указанного в них обязательства. Это относится ко всем

цифровым технологиям, включая технологию блокчейн. В то же время модельный закон (образец для разработки нормативных актов) корректно рассматривать именно как рекомендацию, но не как обязательное для исполнения международное соглашение. Под эгидой Европейской экономической комиссии ООН функционирует Центр Организации Объединенных Наций по упрощению процедур торговли и электронным деловым операциям (СЕФАКТ ООН). В сентябре 2020 г. при поддержке Сингапура и Азиатского банка развития стартовал инициативный проект Международной торговой палаты (МТП) по разработке цифровых стандартов для бизнеса в сфере международной торговли.

Интересно, что во многих источниках считается, что первой в мире статус смарт-контрактов в национальном законодательстве закрепила 21 декабря 2017 г. Республика Беларусь – для Парка высоких технологий (посредством Декрета Президента РБ «О развитии цифровой экономики»). Данный Парк в Белоруссии официально не признан специальной экономической зоной, но представляет собой юрисдикцию, которая функционирует по принципу экстерриториальности и обладает особым правовым режимом.

Отметим иные риски и недостатки смарт-контрактов. Вопреки своему названию смарт-контракт не обладает гибкостью, его затруднительно скорректировать, внести необходимые поправки в ходе исполнения, например, при изменении каких-либо внешних условий бизнеса, форс-мажорных обстоятельствах. Установленные правила выполнения уже зафиксированного на цифровой платформе смарт-контракта сложно изменить даже после согласования со всеми участниками внешнеторговой операции. Если одна из сторон по объективным, независящим от собственных действий причинам нарушила установленные условия смарт-контракта, то автоматическое задействование штрафных санкций за их нарушение произойдет незамедлительно.

На рис. 2 представлена диаграмма, отражающая актуальную приоритетность вызовов и проблем, с которыми сталкиваются цифровые блокчейн-проекты в сфере международной торговли, выявленную по опросам участников разработки и реализации 44 подобных проектов, проведенным в 2020 г. При этом ранг 1 означает фактор, приносящий наименьшие сложности при разработке и реализации таких проектов, ранг 5 – наибольшие.

Проведенный опрос дал следующий усредненный по 44 проектам результат: на первом месте по степени сложности – вызовы, связанные с правовым регулированием (ранг – 3,3); на втором – пробелы в стандартах (ранг – 2,8); на третьем – проблемы управления проектами (ранг – 2,6); и только на четвертом месте – технические вызовы (ранг 1,9). Все остальные вызовы и проблемы объединены в категорию «прочее» с рангом 3,0.

Рис. 2. Приоритетность вызовов и проблем при разработке и реализации блокчейн-проектов в сфере международной торговли [7, с. 21]

В качестве несомненного преимущества смарт-контрактов обычно отмечают то обстоятельство, что они создаются с применением языков компьютерного программирования, и поэтому минимизируются возможности разночтений при понимании контрагентами его условий. Однако обратная сторона данного преимущества – это то, что спектр возможных правил и условий контракта ограничен той логикой, которая в принципе поддается алгоритмизации в компьютерном программном коде. А в случае ошибок в программном коде, допущенных при составлении контракта, будет неизбежно его некорректное функционирование.

Следует также отметить сложность процесса создания смарт-контракта, особенно если присутствует множество условий и аспектов взаимодействия контрагентов, которые они должны учесть в контракте.

И, конечно, остаются вопросы компьютерной уязвимости смарт-контрактов из-за противоправных действий в цифровом пространстве. Так, интересно, что в 2018 г. эксперты американского университета Cornell University (штат Нью-Йорк) провели анализ 970898 смарт-контрактов на блокчейн-платформе Ethereum (контрактов в любой сфере, то есть не только связанных с торговыми операциями). Данный анализ показал, что всё же около 34200 контрактов – более чем 3,5% от их общего количества – подвержены уязвимостям, позволяющим злоумышленникам похитить, заморозить или вообще удалить единицы учета в сети распределенных реестров, зафиксированные в этих «умных» контрактах [6].

Рис. 3. Проекты и компании в области цифровизации внешнеторговых операций, использующие технологию блокчейн [7, с. 9]

Примечание: в первом столбце представлены проекты и компании, относящиеся к транспортировке грузов во внешней торговле и фрахтованию транспортных средств; во втором – иные инициативы в области цифровизации цепочек поставок в международной торговле; в третьем и четвертом – относящиеся к цифровизации документооборота.

Рис. 4. Проекты и компании в области цифровизации внешнеторговых операций, использующие технологию блокчейн [7, с. 9]

Примечание: в первом и втором столбцах представлены проекты и компании, относящиеся к торговому финансированию; в третьем и четвертом – к финансированию цепочек поставок; в третьем – проекты сетевой интеграции в данной области; в четвертом – относящиеся к страхованию.

Дополнительно отметим, что цифровизация охватывает не только процессы заключения и исполнения внешнеторговых контрактов, но и иные этапы реализации внешнеторговых операций. В частности, документооборот, совершение таможенных процедур, подготовку логистических операций, финансирование и др. В данной области занято множество компаний, реализующих различные проекты. На рис. 3 и 4 представлена «периодическая таблица» – по образному наименованию, данному экспертами ВТО и цифрового портала торгового финансирования Trade Finance Global (США), – таблица проектов в сфере международной торговли, основанных на технологии блокчейн (в том числе находящихся на различных фазах своей реализации), а также разрабатывающих их компаний, по состоянию на 1 ноября 2019 г.

Очевидно, не следует забывать о таком элементе внешней торговли, как финансирование её участников (экспортеров и импортеров). В настоящее время появляются все новые платформы внешнеторгового финансирования на основе блокчейна. С 2018 г. Народный банк Китая тестировал платформу торгового финансирования для китайских компаний. В настоящее время в её функционировании участвуют 48 коммерческих банков. В Гонконге (специальный административный район КНР) базируется платформа внешнеторгового финансирования eTradeConnect (HKTFPCL), участниками которой являются известные, международные по характеру своей деятельности банки – Australia and New Zealand Banking Group, Bank of China, Bank of East Asia, DBS, Hang Seng Bank, HSBC, Standard Chartered Bank, Agricultural Bank of China, BNP Paribas, ICBC, Shanghai Commercial Bank и Bank of Communications. В Индии создается аналогичная цифровая платформа для торгового финансирования India Trade Connect. Функционирует сеть финансирования для торговых операций с сырьевыми товарами Komgo, построенная на инфраструктуре блокчейн, с участием

таких банков, как Citi, ING, Credit Agricole CIB, BNP Paribas, Societe Generale, ABN Amro, Macquarie, MUFG, Natixis, Rabobank, и более чем 150 компаний, использовавших данную сеть в 2020 г. С 2018 г. испанский Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (BBVA) применяет смарт-контракты для предоставления внешнеторгового кредитования своим клиентам. Задействованные смарт-контракты основаны на технологии блокчейн (регистрируются в сети Ethereum), а сама операция выдачи кредита занимает несколько часов вместо нескольких дней при традиционных механизмах её осуществления.

В области международной транспортировки грузов и логистики в 2020 г. функционировали такие блокчейн-платформы как Aero Blockchain Alliance – SITA, Calista, China-Europe E-Single Link, DELIVER, DP World, Global Shipping Business Network (GSBN), TradeLens и др.

Мировой пандемический кризис, разразившийся в 2020 г. и продолжающийся до настоящего времени, подстегнул, согласно консолидированному мнению экспертов, разработку новых проектов цифровизации в международных торговых операциях. По опросам участников 44 цифровых проектов в сфере внешней торговли (2020 г.), в 80,5% случаев сам мировой кризис, приведший к серьезному падению объёмов международной торговли (в части торговли товарами за 2020 г. – на 5,3% в физическом и 7,6% – в стоимостном выражении [8, с. 12]), а также применяемые санитарные ограничительные меры, затруднившие осуществление традиционных внешнеторговых процедур, вынудили активизировать реализацию этих проектов, и только в 4,9% случаев работа над ними затормозилась [7, с. 20].

Список литературы

1. Szabo N. A Formal Language for Analyzing Contracts. 2002. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/contractlanguage.html> (дата обращения: 02.08.2021).
2. Центральный банк Российской Федерации. Аналитический обзор по теме «смарт-контракты». Октябрь 2018. – М.: 2018. – 20 с. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.cbr.ru/content/document/file/47862/smartkontrakt_18-10.pdf (дата обращения: 05.08.2021).
3. Ganne E. Can Blockchain revolutionize international trade? // World Trade Organization, 2018. – 145 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/blockchainrev18_e.pdf (дата обращения: 05.08.2021).
4. Athanassiou P. Impact of digital innovation on the processing of electronic payments and contracting: an overview of legal risks // European Central Bank. Legal Working Paper Series, No 16, October 2017. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scplps/ecb.lwp16.en.pdf> (дата обращения: 06.08.2021).
5. Deloitte. Blockchain, legal implications, questions, opportunities and risks // Deloitte Legal, March 2018. [Электронный ресурс]. – URL: https://info.deloitte.com/rs/231-YWE-658/images/Blockchain%20WP%20March%202018_.pdf (дата обращения: 18.04.2018).
6. Cornell University. e-Print archive. 2018. [Электронный ресурс]. – URL: <https://arxiv.org/pdf/1802.06038.pdf> (дата обращения: 06.08.2021).

7. Patel D., Ganne E. Blockchain & DLT in Trade: Where do we stand? // Trade Finance Global (TFG), November 2020. – 51 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/blockchainanddlt_e.pdf (дата обращения: 06.08.2021).

8. World Trade Organization. World Trade Statistical Review 2021. – 135 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/wts2021_e/wts2021_e.pdf (дата обращения: 06.08.2021).

© А.К. Ляменков, 2021

УДК 339.138

**СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
РЕГИОНАЛЬНОГО БРЕНДА БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ
С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГА**

Новикова Александра Владимировна

канд. экон. наук, доцент

доцент кафедры «Отраслевая экономика»

ФГБОУ ВО «Брянский государственный

технический университет»

Аннотация. Исследование посвящено изучению и разработке стратегии интернет-маркетинга в целях формирования регионального бренда Брянской области. Рассматриваются теоретические основы изучения регионального бренда: основные понятия, система показателей, необходимых для проведения анализа, а также перспективы развития регионального бренда Брянской области с использованием стратегии интернет-маркетинга. Представлен обзор текущей ситуации и прогноз на ближайшие годы.

Ключевые слова: региональный бренд, интернет-маркетинг, стратегия, повышение узнаваемости, оценка эффективности.

STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT REGIONAL BRAND OF BRYANSK REGION BY MEANS OF INTERNET MARKETING

Novikova Alexandra Vladimirovna

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

Abstract. The research is devoted to the study and development of an Internet marketing strategy in order to form a regional brand of the Bryansk region. The theoretical foundations of the study of the regional brand are considered: the basic concepts, the system of indicators necessary for the analysis, as well as the prospects for the development of the regional brand of the Bryansk region using the strategy of Internet marketing. An overview of the current situation and a forecast for the coming years are presented.

Key words: regional brand, Internet marketing, strategy, awareness raising, efficiency evaluation.

Объектом исследования научной работы является региональный бренд Брянской области, а предметом исследования – пути повышения его узнаваемости с помощью средств интернет-маркетинга.

Цель работы – провести исследование состояния регионального бренда Брянской области и предложить мероприятия по его развитию с использованием средств интернет-маркетинга.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить теоретические аспекты стратегии интернет-маркетинга в целях совершенствования регионального бренда.

2. Провести анализ текущего состояния регионального бренда Брянской области.

3. Разработать рекомендации по совершенствованию регионального бренда Брянской области с использованием средств интернет-маркетинга.

Региональный маркетинг ориентирован на все виды маркетинга, соответствующие определенному региону или месту. Это предполагает применение основных тактик и методов, используемых для любого вида успешного маркетинга при продвижении услуг или продуктов конкретной компании.

Научная новизна работы заключается в формировании практических рекомендаций по развитию регионального бренда Брянской области. На основании проведенных исследований выявлена необходимость дальнейшего совершенствования регионального бренда, в частности, развития сайта и социальных сетей.

1. Сущность регионального интернет-маркетинга

Региональный маркетинг – это практика использования актуальных маркетинговых инструментов для учета уникальных предпочтений и конкурентных условий в различных регионах.

Выделим основные инструменты регионального маркетинга в целях повышения имиджа субъекта:

– региональное продвижение – реклама, связи с общественностью, общая информация, сайты: стремится создать благоприятный имидж региона в сознании потенциальных инвесторов, туристов, представителей науки и искусства;

- агитация – выставки, семинары, съемки, выявление приоритетных сегментов и целевых компаний, организация технических торговых площадок;
- переговоры – региональные предложения, система управления проектами, двусторонние контакты с инвесторами: помогают убедить инвесторов утвердиться в регионе;
- содействие в исполнение проектов потенциальных местных партнеров;
- поддержка – преследует цель мониторинга заранее установленных инвесторов, чтобы помочь им решить операционные проблемы, укрепить местные связи и помочь в развитии проекта;
- политические консультации – фокус-группы и аналитические центры, регулярный анализ, экспертные доклады: позволяют разрабатывать предложения по проведению мероприятий экономической политики, направленных на повышение привлекательности региона;
- земельные программы.

Региональный маркетинг охватывает деятельность всех структур, участвующих в рыночных отношениях: предприятий, фирм, банков, торговых учреждений, рекламных агентств и т.д. Основными инструментами воздействия на рынке являются: структура и интенсивность товаропотоков, уровень цен, система стимулирования сбыта и др. Взаимосвязь этих инструментов с системой рынков и субъектами рынка можно представить на рис. 1.

**Рис. 1. Основные сферы и инструменты воздействия
регионального маркетинга**

Применение традиционных информационно-коммуникационных средств достижения этих целей не обеспечивает необходимого уровня гибкости управления. Кроме того, это достаточно дорого, что в условиях скудных финансовых возможностей регионов ограничивает их применение.

Интернет предоставляет принципиально новые возможности для реализации регионального маркетинга, так как обеспечивает доступ к

мировым информационным ресурсам, широкий охват целевой аудитории, надежную и быструю связь, что облегчает оценку эффективности проводимой маркетинговой политики.

Региональный интернет-маркетинг – это процесс продвижения имиджа субъекта через интернет с использованием инструментов, которые помогают управлять трафиком, лидами и продажами.

Интернет-маркетинг – довольно широкий термин, который охватывает целый ряд маркетинговых тактик и стратегий, включая контент, электронную почту, поиск, платные СМИ и многое другое [1].

2. Система показателей оценки эффективности интернет-маркетинга

При оценке стратегии регионального интернет-маркетинга важно учитывать основные показатели.

Рассмотрим формулы расчета показателей интернет-маркетинга и их стратегический смысл [2].

Коэффициент конверсии (CR) – это процент пользователей, которые выполнили целевое действие. Рассчитывается по формуле:

$$CR = \frac{\text{Количество конверсий}}{\text{Количество посетителей сайта}} * 100$$

При ведении рекламной компании в Google Analytics данный показатель легко настроить и получить подробный отчет (рис. 2).

Рис. 2. Коэффициент конверсии

Показатель кликабельности (CTR) – эта метрика показывает, какой процент пользователей, увидевших баннер (кнопку или ссылку), кликнули по нему. Рассчитывается по формуле:

$$CTR = \frac{\text{Количество кликов}}{\text{Количество показов}} * 100$$

В основном CTR используют для оценки эффективности PPC рекламы («оплаты за клик»).

Цена за клик (CPC) – сумма, которую платят рекламной площадке за каждый клик по объявлению. Этот показатель необходим для оценки

экономической эффективности платных рекламных кампаний.

Рассчитывается по формуле:

$$CPC = \frac{\text{Расходы на рекламу}}{\text{Количество кликов}}$$

Google Ads отображает эту информацию на аукционах по ключевым словам.

Цена за действие (CPA) – сумма, которую платят рекламной площадке, когда пользователь совершает целевое действие. Какое действие считать целевым обычно решает компания. Это может быть подписка на рассылку, запрос обратного звонка или регистрация на сайте. Рассчитывается по формуле:

$$CPA = \frac{\text{Расходы на рекламу}}{\text{Количество выполненных действий}}$$

Этот простой показатель является основой для CPA-маркетинга, где необходимо платить за каждую конверсию, которую принес партнерский источник.

Стоимость лида (CPL). Этот показатель отличается от CPA тем, что здесь необходимо платить за контактную информацию человека, потенциально заинтересованного в предложении. Рассчитывается по формуле:

$$CPL = \frac{\text{Расходы на рекламу}}{\text{Количество приобретенных лидов}}$$

Необходимо иметь в виду, что лид – это не готовый клиент и даже не лояльный пользователь, но это человек, который легко может стать им.

Стоимость привлечения клиента (CAC) – это сумма, которая в среднем расходуется на привлечение каждого нового клиента. Она включает в себя расходы на рекламу, зарплату маркетингового отдела, затраты на программное обеспечение и дизайнеров. Рассчитывается по формуле:

$$CAC = \frac{\text{Затраты на привлечение клиентов}}{\text{Количество новых клиентов}}$$

Чем ниже показатель CAC, тем эффективней считается рекламная компания.

Окупаемость инвестиций (ROI) – это коэффициент, показывающий, насколько доходным или убыточным является проект с учетом сделанных в него инвестиций. Рассчитывается по формуле:

$$ROI = \frac{\text{Доход} - \text{Расход}}{\text{Расход}}$$

Востребованность интернет-маркетинга объясняется наличием значительных преимуществ, главным из которых является простота и объективность оценки эффективности. Определить эту эффективность намного проще, чем в классическом маркетинге. Методик оценки очень много, и для каждого инструмента они могут различаться. Кроме того, стоит отметить тот факт, что множество показателей эффективности можно измерить с помощью специальных программ или платформ для сайта или социальных сетей.

3. Обзор показателей стратегии регионального интернет-маркетинга в Брянской области

Если говорить о Брянской области, то по данным Росстата также можно наблюдать рост пользователей интернет (табл.1) [3].

Таблица 1

Число абонентов фиксированного доступа в интернет в Брянской области, единиц

Год	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Число абонентов	159737	643791	639431	672681	753420	950902	993038

На рис. 3 отметим тенденцию роста использования сети интернет в Брянской области.

Рис. 3. Динамика числа абонентов с фиксированным доступом в интернет в Брянской области, единиц

Наблюдая полученные данные, можно сделать вывод, что Брянская область обладает достаточным потенциалом для продвижения регионального бренда.

Для оценки стратегии регионального интернет-маркетинга выберем основные инструменты продвижения Брянской области. Для этого проведем анализ официальных страниц [4]; [5].

Проведем анализ официального сайта Брянской области на рис. 4.

Рис. 4. Анализ официального сайта Брянской области

К основным минусам отнесем:

- излишне краткое описание страницы;
- большое число внутренних ссылок;
- найдены ошибки HTML кода;
- отсутствие микроразметки Schema.org;
- отсутствие уникальной страницы 404.

Проведем статистику ключевых слов в Яндексе в табл. 2.

Таблица 2

Статистика ключевых запросов в поисковой системе Яндекс

Яндекс ключевые слова	Позиции	Показов
Брянск	17	5123
новости Брянска сегодня	22	3720
новости Брянска	12	3489
новости Брянск	15	3061
брянские новости	21	2257
департамент здравоохранения Брянской области	10	852
правительство Брянской области официальный сайт	1	782

Из таблицы можно сделать вывод, что самыми популярными запросами в Яндекс являются «Брянск», и «Новости Брянска». Так же необходимо собрать статистику запросов с Google в табл. 3.

Таблица 3

Статистика ключевых запросов в поисковой системе Google

Google ключевые слова	Позиции	Показов
Брянск	9	5123
работа в России официальный сайт Роструда	18	4190
новости Брянск	17	3061
Росстандарт	12	1653
Правительство	16	1057
БГТУ Брянск официальный сайт	19	939
МХАТ им. Горького официальный сайт	18	877

Необходимо понять, интересуются ли событиями в Брянской области другие регионы. Для этого приведем статистику по регионам в системе Wordstat и представим данные в табл. 4.

Таблица 4

Статистика ключевых запросов в поисковой системе Яндекс

Точка запроса	Показы в месяц
Россия	6 040 934
Центральный федеральный округ	5 787 376
Северо-Западный федеральный округ	72 688
Приволжский федеральный округ	53 675
Южный федеральный округ	30 467
Уральский федеральный округ	26 913
СНГ	25 140
Сибирский федеральный округ	24 127
Беларусь	15 933

Из данной таблицы можно сделать вывод, что Брянской областью интересуются различные регионы.

Рассмотрим карту по поисковому запросу «Брянск» на рис. 5.

Рис. 5. Карта запросов по поисковой строке «Брянск»

Несомненным лидером является Россия, но также можно заметить, что запрос популярен и за рубежом.

Во время оценки сайта было выявлено, что самым популярным источником трафика является страница Вконтакте [6]. Проведём анализ страницы с помощью Церберо Таргет.

Церебро Таргет – это платный сервис, посредством которого открывается доступ для привлечения клиентов с помощью ретаргетинга из соцсети ВКонтакте. Благодаря его применению предоставляются возможности для подбора подходящей аудитории, от которой будет получен максимальный отклик. С помощью этого инструмента можно легко разыскать офферов, установить ботов в группе, максимально облегчить

процесс нахождения «живых сообществ». Результаты использования программы отразим в табл. 5.

Таблица 5

Анализ страницы ВКонтакте

Критерий оценки	Оценка
Ссылка	Оформлена правильно, используется короткая ссылка
Ограничения	Возможность использовать страницу с Android и iOS. Отсутствие возрастных ограничений.
Тип страницы	Сообщество имеет форму публичной страницы, оно отображается на страницах пользователей в разделе «Интересные страницы», что является бесплатной рекламой и привлекает внимание
Обложка	Присутствует, хорошо оформлена
Описание	Присутствует, видно с обеих платформ
Сообщения	Подключены
Сообщество online	Отсутствует
Охваты постов	Хорошая динамика охватов
Вовлечение	Вовлекается в активности каждый 176 пользователь, просмотревший пост. Это крайне низкий показатель
Количество постов в день	Среднее время между публикациями сейчас равно 0 дней 3 часа 0 минут
Репосты	Уникальные

Продолжение таблицы 5

Грамотность	Несколько орфографических и пунктуационных ошибок
Хештеги	Отсутствуют
Главная секция	Не проработана
Контакты	Присутствуют

При анализе страницы Вконтакте программа Церебро Таргет оценила эффективность страницы в 60 баллов, что является хорошим показателем.

Данная статистика показывает, что Брянская область имеет благоприятные возможности для развития регионального бренда.

4. Стратегия развития регионального бренда Брянской области

Высокий уровень имиджа территории делает субъект более конкурентоспособным и открывает множество новых возможностей. Брянская область имеет хороший потенциал для развития регионального бренда, качественный сайт, эффективное продвижение в социальных сетях. Но несмотря на очевидные достоинства, регион не имеет большого притока туристов и положительных отзывов, формирующих региональный бренд [7]; [8]. Несмотря на качественное продвижение Брянской области, стоит отметить, что сайт выглядит очень серым, и желающему познакомиться с регионом вряд ли захочется его посещать или узнавать о городе больше после просмотра сайта.

Для более эффективного продвижения бренда региона необходимо на странице сайта и в социальных сетях продвигать различные мероприятия и самое главное – интересные места Брянской области [9].

Если ввести запрос «Достопримечательности Брянска», результат можно видеть на рис. 6.

Период	Абсолютное	Относительное
01.04.2018 - 30.04.2018	4 514	0,000 000 578 423
01.05.2018 - 31.05.2018	4 351	0,000 000 562 063
01.06.2018 - 30.06.2018	3 024	0,000 000 423 296
01.07.2018 - 31.07.2018	3 236	0,000 000 449 899
01.08.2018 - 31.08.2018	3 368	0,000 000 465 084
01.09.2018 - 30.09.2018	7 282	0,000 000 897 204
01.10.2018 - 31.10.2018	4 570	0,000 000 484 540
01.11.2018 - 30.11.2018	3 334	0,000 000 382 722
01.12.2018 - 31.12.2018	2 302	0,000 000 262 639
01.01.2019 - 31.01.2019	2 481	0,000 000 275 163
01.02.2019 - 28.02.2019	2 465	0,000 000 287 413
01.03.2019 - 31.03.2019	3 132	0,000 000 349 117

Рис. 6. Результат поиска «Достопримечательности Брянска»

Также по распределению на карте можно увидеть следующий результат на рис. 7.

Рис. 7. Карта по запросу «Достопримечательности Брянска»

Больше всего запросов приходится на пользователей из Брянскую области, но запросы приходят и из других регионов. Эти пользователи – потенциальные туристы Брянской области. В процессе принятия решения, стоит ли посещать город, они ищут достопримечательности. Часто просматривая различные видеоролики о Брянске, сайты с отзывами, можно увидеть негативную картину. Это не результат плохой ситуации в городе, это результат плохого продвижения регионального бренда и достопримечательностей города [10]; [11].

Приезжающие в Брянск часто просто ходят по жилым кварталам, которые есть во всех городах, вместо того, чтобы обратить внимание на самые красивые места города. Данный аспект формирует негативное мнение о регионе, и человек не посоветует его и не захочет возвращаться. Поэтому необходимо продвигать город в социальных сетях посредством не только интересных мероприятий, но и уникальных, красивых мест.

Очень действенным способом будет составить на сайте карту достопримечательностей, чтобы туристы ходили по намеченному пути и составляли благоприятное впечатление о городе [12]. Также достопримечательности стоит продвигать в социальных сетях. Предлагаем устраивать различные конкурсы на самые красивые фотографии города, постоянно размещать новые посты с фотографиями и хэштегами. Необходимо создать отдельную категорию для историй с фотографиями города и поставить ее самой первой, чтобы потенциальный турист смог без труда принять для себя решение посетить город.

Итак, проанализировав данные по стратегии регионального интернет-маркетинга Брянской области, можно сделать вывод, что регион обладает хорошими данными для продвижения своего бренда.

Необходимо провести совершенствование сайта. Сделать дизайн интереснее, а сайт более интерактивным. Также необходимо добавить

информацию о достопримечательностях города. Убрать ошибки в коде. Создать микроразметку и уникальную страницу для ошибки 404. Необходимо дать развернутое описание на главной странице сайта, а также уменьшить количество внутренних источников. Это увеличит скорость загрузки сайта.

Также существует необходимость провести работу с социальными сетями. Реализация конкурсов на лучший снимок города не только продвинет Брянскую область как город для туристов, но и повысит вовлечение пользователей. Необходимо поднять грамотность постов, ввести специальные хэштеги. Стоит проработать главную секцию страницы Вконтакте.

В 2021-2022 годах ожидается увеличение числа абонентов с фиксированным доступом в интернет, как в РФ, так и в Брянской области. Это будет благоприятно сказываться на росте пользователей социальных сетей и поисковых страниц. Возрастающий поток пользователей в интернете является отличным условием для продвижения регионального бренда.

Список литературы

1. Фортинская, С. А. Региональный интернет-маркетинг как инструмент управления социально-экономическим развитием субъектов РФ / С. А. Фортинская, А. В. Новикова // Актуальные вопросы экономики и управления: теоретические и прикладные аспекты. Материалы Пятой международной научно-практической конференции. В 3-х частях. Отв. редакторы Е. П. Мельникова, Е. Ю. Руднева, О. Л. Дариенко. – 2020. – С. 47-51.

2. Верховцева, О. Н. Базовые показатели эффективности интернет-маркетинга / О. Н. Верховцева. — Текст : непосредственный, электронный // Экономическая наука и практика : материалы III Междунар. науч. конф.

(г. Чита, апрель 2014 г.). — Т. 0. — Чита : Издательство Молодой ученый, 2014. — С. 87-88. — URL: <https://moluch.ru/conf/econ/archive/94/5351/> (дата обращения: 27.06.2021).

3. Федеральная служба государственной статистики [сайт]. — Режим доступа: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 22.07.2021).

4. Официальный сайт Брянской области [сайт]. — Режим доступа: <http://www.bryanskobl.ru> (дата обращения: 18.06.2021).

5. Экономика Брянской области [сайт]. — Режим доступа: <http://www.bryanskayaobl.ru/about/economy/> (дата обращения: 10.07.2021).

6. Страница Брянской области ВКонтакте [сайт]. — Режим доступа: <https://vk.com/bryanskoblru> (дата обращения: 02.08.2021).

7. Новикова, А. В. Социальная поляризация и формирование среднего класса в современных условиях / А. В. Новикова // Проблемы современного антропосоциального познания. — Брянск, 2015. — С. 176-183.

8. Шлемина, И. В. Особенности формирования социальной инфраструктуры / И. В. Шлемина // Вестник Брянского государственного технического университета. — 2016. — №5. — С. 333 - 336. [Электронный ресурс - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-formirovaniya-sotsialnoy-infrastruktury> (дата обращения: 08.07.2021).

9. Шлемина, И. В. Природное окружение как часть социокультурной среды: проблемы и перспективы / И. В. Шлемина // Проблемы современного антропосоциального познания. — Брянск, 2020. — С. 167-169.

10. Новикова, А. В. Актуальные маркетинговые действия и инструменты в условиях пандемии COVID / А. В. Новикова, А. О. Синякова // Актуальные проблемы социально-гуманитарных исследований в экономике и управлении. Материалы VI научно-практической конференции с международным участием. — Брянск, 2020. — С. 268-271.

11. Фортинская, С. А. Разработка стратегии email-маркетинга в целях развития бизнеса / С. А. Фортинская, А. В. Новикова // Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты. Сборник статей III Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Брянского государственного инженерно-технологического университета. – Брянск, 2020. – С. 940-943.

12. Исайченкова, В. В. Применение геоинформационных систем в геолого-экономическом районировании / В. В. Исайченкова // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2020. – №4. – С. 53-58.

© А.В. Новикова, 2021

УДК 004.62

**СЕРВИС ONLINE ПОИСКА ПОСТАВЩИКОВ
КАК СРЕДСТВО ОПТИМИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ
МАЛЫХ И СРЕДНИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Новикова Александра Владимировна

канд. экон. наук, доцент,
доцент кафедры «Отраслевая экономика»
ФГБОУ ВО «Брянский государственный
технический университет»

Аннотация. Основными результатами исследования являются анализ рынка решений по поиску поставщиков, разработка концепции сайта для поиска поставщиков, адаптированного под потребности малого и микробизнеса, а также обоснование экономической эффективности проекта.

Ключевые слова: поставщики, покупатели, оптимизация, малый и средний бизнес, платформа.

**ONLINE SUPPLIER SEARCH SERVICE
AS A MEANS OF OPTIMIZING BUSINESS PROCESSES
SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES**

Novikova Alexandra Vladimirovna

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

Abstract. The main results of the research are the analysis of the market of solutions for the search for suppliers, the development of a site concept for the

search for suppliers, adapted to the needs of small and micro-businesses, as well as the justification of the economic efficiency of the project.

Key words: suppliers, buyers, optimization, small and medium business, platform.

Объектом исследования выступают технологии поиска поставщиков онлайн, а предметом исследования – разработка платформы по быстрому и удобному поиску поставщиков товаров и услуг для малого и среднего бизнеса через интернет.

Цель исследования – проанализировать опыт эксплуатации уже имеющихся на рынке продуктов по поиску поставщиков, их особенности, достоинства и недостатки и предложить свое решение, учитывающее специфику работы с малым (в том числе микро-) и средним бизнесом.

К методам проведенного исследования можно отнести: сравнительный анализ и синтез, сбор и обработку статистических данных, моделирование, прогнозирование

Бизнес – это сложная система, и успех того или иного предприятия зависит от синергии множества факторов [1]. Одним из ключевых факторов является выбор подходящих поставщиков. Каким бы ни был бизнес: магазин, салон красоты, автосервис или даже небольшое производство, он рано или поздно сталкивается с проблемой поиска поставщиков материалов, услуг, оборудования.

В наше время эта проблема становится всё более актуальной. Согласно динамике социально-экономического развития Брянской области, количество малых и средних предприятий в 2018 году составило 13 200 единиц, а их суммарный оборот оценивается в 298,83 млрд рублей, что на 9,2% больше, чем в 2017 году. В 2017 году количество малых и средних предприятий составило 13 035 единиц, а оборот по всем видам

деятельности – 273,56 млрд. рублей, что на 20,2% больше, чем в 2016 году [2].

Для того чтобы найти статистику за 2019 год, обратимся к данным Брянскстата. Так, численность микропредприятий (юридические лица) составила 10245, а их оборот оценивается в 124,5 млрд рублей (+7% к уровню 2018 года). Численность малых предприятий составила 1370 единиц, а их суммарный оборот – 138,2 млрд рублей (+0,5% к уровню 2018 года). Таким образом, наблюдается устойчивый рост.

Однако в масштабах России ситуация с малым и средним бизнесом складывается не лучшим образом. Количество предприятий сокращается, а вклад в экономику падает. Согласно данным бизнес-портала РБК, главными проблемами предприниматели называют высокие издержки при работе с поставщиками товаров и услуг, а также высокие налоги и социальные отчисления.

К сожалению, не каждому предпринимателю хватает знаний и опыта для того, чтобы найти нужного поставщика, и при этом не разориться и не нарваться на мошенников [3].

На помощь приходят современные информационные технологии [4]. Предлагается создать онлайн платформу, которая поможет потребителям найти оптимального, то есть максимально подходящего по всем критериям поставщика, а поставщикам найти покупателей на свои товары и услуги.

Для достижения этой цели планируется решить ряд задач:

- 1) проанализировать уже имеющиеся на рынке продукты;
- 2) определить достоинства и недостатки этих продуктов, а также особенности работы с ними;
- 3) разработать концепцию собственного решения, основываясь на особенностях работы с малыми и средними предприятиями, учитывая опыт уже имеющихся систем;

4) обосновать экономическую эффективность проекта и спрогнозировать период окупаемости.

Научная новизна проекта заключается в комплексном исследовании рынка сервисов для поиска поставщиков и покупателей online, а также разработке принципиально нового решения, ориентированного на малый и средний бизнес. Реализация проекта позволит уменьшить издержки предпринимателей на поиск поставщиков для своего бизнеса, тем самым способствуя увеличению деловой активности сначала в Брянской области, которую предлагается рассматривать в качестве пилотного региона, а затем и по всей России.

1. Анализ конкурентной среды

По данным портала «supple.biz» в России насчитывается 1,3 млн поставщиков, работающих с юридическими лицами. Это очень много. При таком большом предложении бизнесу достаточно трудно найти подходящий вариант.

Сейчас процесс поиска поставщика необходимого товара или услуги у большинства малых и средних компаний происходит следующим образом: директор или специалист по закупкам через поисковую систему находит интересующие его предложения и обзванивает потенциальных поставщиков.

Есть и альтернативные варианты. Можно искать поставщика на различных выставках и форумах, но постоянно посещать такие мероприятия может себе позволить далеко не каждая компания в силу дороговизны. Можно искать поставщика в печатных изданиях (газетах, журналах, каталогах). Однако поиск всеми указанными способами – это достаточно долгий и трудоёмкий процесс, который к тому же не всегда приводит к желаемым результатам.

Большинство поставщиков на рынке – это посредники или дистрибьюторы. То есть организации, занимающиеся покупкой и

перепродажей товаров. Иногда товар проходит несколько итераций купли-продажи, чтобы в итоге попасть к конечному потребителю, поэтому одной из главных проблем является величина наценки на товар от многочисленных посредников [5].

Конечно, искать поставщика лучше напрямую, поскольку это более надежно и выгодно. Отечественный производитель представлен практически во всех секторах. Это может быть как малый и средний, так и крупный бизнес. Не секрет, что непосредственные производители предлагают более долгосрочное сотрудничество на более выгодных условиях, чем дистрибьюторы [6]. Однако, как правило, непосредственные производители напрямую с малым и средним бизнесом не работают, так как это экономически нецелесообразно. Крохотные заказы малого бизнеса незначительны в рамках промышленных объемов. Поэтому и возникает проблема поиска. В то же время выбор подходящего поставщика является одним из ключевых факторов эффективного функционирования предприятия [7].

В связи с этим особую важность для малых и средних предприятий приобретает проблема максимально удобного и быстрого поиска надёжных поставщиков напрямую без дистрибьюторов [8].

На данный момент в интернете существует несколько отечественных платформ, предоставляющих услуги по поиску поставщика online. Это «Доро», «Поставщики.ру», «ОптЛист». Рассмотрим каждую из них подробнее.

Доро – платформа поиска поставщиков для интернет-магазинов. Доро самостоятельно ищет поставщиков и отбирает по своим критериям «интересные» товары. Предпочтение отдается производителям и оптовым поставщикам.

Дропо самостоятельно заключает договоры с поставщиками, то есть является классическим дистрибьютором. Клиент в виде владельца небольшого интернет-магазина размещает у себя на сайте каталог товаров с сайта Дропо. Бесплатный пакет включает в себя каталог на 1000 товаров и выгрузку на сайт не более 10 товаров. Далее интернет-магазину остается только принять оплату у покупателя и передать ее Дропо. Всю дальнейшую работу с клиентом (доставка, обслуживание, возврат товара) ведет уже Дропо.

Однако есть нюансы. Интернет-магазин может работать только с Дропо, то есть параллельно работать ещё с несколькими платформами или поставщиками нельзя. К тому же появляется существенная наценка, иногда превышающая цену у оптового поставщика в 2 раза.

Проанализировав отзывы в интернете, выяснилось, что предприниматели часто жалуются на проблемы с доставкой товаров. Доставка или переносится, или сервис заявляет, что больше не работает с этим поставщиком (причем выясняется это уже после перевода платежа Дропо). В результате покупатели отказываются от заказа, а интернет-магазин несет как финансовые, так и репутационные издержки.

«Поставщики.ру» представляет собой платформу, позволяющую поставщикам и покупателям находить друг друга. Поставщики размещают на сайте свои товары, а покупатели – свои заказы. Платформа является посредником между поставщиком и покупателем и не несёт никаких обязательств.

Рассмотрим сайт со стороны покупателя. Товары отсортированы очень грубо, то есть присутствует общая категория, например «Мототовары», в которой представлено все, что теоретически относится к товарам для мотоциклов. Более точной сортировки, даже по региону, к сожалению, нет, что создает существенные неудобства. Поиск также не помогает, так как в

нем вообще отсутствует какая-либо сортировка. Платформа позволяет без регистрации узнать контактный номер поставщика, его сайт и электронный адрес, что является неоспоримым преимуществом. Сайт позволяет оставлять отзывы о товарах, но этим никто не пользуется. К тому же ни у продавцов, ни у товаров нет хотя бы простейшей рейтинговой системы [9].

Для того, чтобы разместить свой товар, необходимо пройти бесплатную регистрацию организации, после чего можно размещать неограниченное количество товаров в рамках выбранных категорий.

«ОптЛист» позволяет поставщикам размещать товары и услуги, а покупателям свои заказы. Платформа также является посредником.

Сначала рассмотрим сайт со стороны покупателя. Платформа нацелена на поиск непосредственно поставщиков, а не на поиск товаров, поэтому на сайте нет деления товаров по категориям и какого-либо поиска. То есть если клиенту нужны компьютерные колонки, то он ищет не сами колонки, а поставщика периферийного оборудования. Связаться с поставщиком можно только через сайт. Однако многие поставщики на сайт не заходили очень давно, то есть выяснить актуальную цену и как-то связаться с ними не представляется возможным. По многим поставщикам в интернете нет никакой информации, кроме данных о государственной регистрации, поэтому отсутствие на сайте рейтинговой системы – это большой недостаток.

Зарегистрироваться на сайте как поставщик можно бесплатно, однако позиция в поиске будет самой низкой, что делает регистрацию по сути бессмысленной. Для того чтобы подняться в рейтинге, нужно покупать подписку. Чем дороже подписка, тем выше место в рейтинге.

Таким образом, были изучены три наиболее популярных в Рунете сервиса по поиску поставщиков. При изучении подобных платформ был обнаружен ряд общих недостатков:

1) отсутствие качественного поиска по товарам: на всех сайтах товары очень грубо распределены по базовым категориям, а какая-либо сортировка внутри этих категорий отсутствует;

2) невозможность отсортировать поставщиков по региону, например, если клиент хочет найти поставщика в своем регионе и не платить за доставку;

3) отсутствие понятной рейтинговой системы и системы отзывов;

4) нет возможности сортировать товары (по цене, рейтингу);

5) нацеленность на крупные оптовые продажи [10].

Ко всему прочему, количество поставщиков на этих сайтах оставляет желать лучшего, и нацелены они в основном на крупный бизнес (минимальное количество заказываемого товара в среднем составляет от 1000 до 10000 ед.). Таким образом, можно сделать вывод о том, что вышеуказанные платформы не в полной мере подходят малому и среднему бизнесу.

В связи с этим предлагается создать всероссийский реестр поставщиков товаров и услуг в виде веб-сайта и мобильного приложения, в котором были бы устранены вышеуказанные недостатки. Это позволит малому и среднему бизнесу быстро находить наиболее выгодные для себя варианты всего за пару кликов.

2. Характеристика проекта

Для начала четко определим целевую аудиторию проекта. Это преимущественно микро- и малый бизнес, но сервис будет полезен и среднему бизнесу. Сфера деятельности предприятий не так важна. Платформа будет ориентирована на мелкие оптовые заказы.

Поставщик должен будет зарегистрировать свою компанию в системе. Перед тем, как разрешить поставщику публиковать свои предложения, будет проводиться его проверка по базам данных ЕГРЮЛ/ЕГРИП, ФНС, РОССТАТ, ПФР, ФСС (информацию предоставит сервис «ЗАЧЕСТНЫЙБИЗНЕС»).

У каждого поставщика будет своя страница. На этой странице будет размещаться краткая информация о компании, сведения о государственной регистрации, краткая статистическая информация (такую информацию предоставляет целый ряд сервисов, например «СБИС»), история работы с сервисом (дата регистрации, число выполненных заказов, средняя оценка от заказчиков). На этой же странице будет располагаться каталог товаров.

Для того, чтобы начать пользоваться сервисом, покупатель также должен будет зарегистрироваться в системе и пройти проверку. После этого появится возможность просматривать полную информацию о поставщике и вести с ним переписку. Если клиент захочет узнать полную информацию о поставщике, он должен будет приобрести подписку.

В предыдущем разделе к основным недостаткам уже существующих платформ было отнесено отсутствие отзывов и рейтинговой системы у товаров. Это планируется исправить. Для успешной работы рейтинговой системы каждый заказ должен быть зарегистрирован. Для этого после завершения сделки заказчик должен будет отметить факт совершения сделки на сайте. В целях соблюдения коммерческой тайны в системе необходимо будет оформить только сам факт совершения сделки по конкретному товару, без каких-либо подробностей. Поставщик должен подтвердить факт сделки. После этого заказчику будет предложено оценить по пятибалльной шкале качество товара и уровень сервиса поставщика. Оценка будет проводиться по нескольким критериям:

- 1) качество товара, соответствие заявленных характеристик реальным;
- 2) качество работы с поставщиком: честность и открытость поставщика, соблюдение условий договора, достоверность запрашиваемой информации и др.;
- 3) дополнительные услуги, например собственная служба доставки (если их нет, то этот пункт можно пропустить) или рассрочка;

4) соблюдение сроков поставки товара или услуги (соблюдение сроков передачи товара курьерской службе и т.д.).

Поставщику также будет предложено оценить своего покупателя. Оценка будет проводиться по нескольким критериям:

1) качество работы с клиентом: честность и открытость клиента, соблюдение условий договора, достоверность запрашиваемой информации и др.;

2) соблюдение сроков оплаты: своевременность проведения платежа, отсутствие просрочки;

3) дополнительные преимущества работы с клиентом, например, оплата в день совершения сделки и т.д.

Рейтинговая система является основой платформы, выгодно отличающей её от конкурентов, поэтому требование оставлять отзыв для каждого заказа будет обязательным условием работы с платформой. У каждого товара, поставщика и покупателя будет свой рейтинг, что позволит существенно сократить время и затраты на поиск надёжного поставщика и качественного товара или услуги, а продавцам существенно сэкономить время и нервы и сразу отказываться от сотрудничества с «нерадивым» клиентом.

Важным недостатком уже существующих платформ является отсутствие качественного поиска по товарам, то есть внутри основных категорий (например «Товары для сада и огорода») нет дополнительных подкатегорий (как в любом интернет-магазине). То есть в разделе «Товары для сада и огорода» будет представлено все: и лопаты, и триммеры, и качели, и семена. Это очень неудобно и непрактично. Поиск не исправляет ситуацию. Например, клиенту нужны доски длиной в 1 метр. Поиск по запросу «доска 1 метр» скорее всего не даст результата, а на некоторых платформах (например «ОптЛист») в принципе отсутствует поиск по товарам. В связи с чем

планируется создать полноценный каталог товаров, как в крупных интернет-магазинах (Ebay, Ozon). Плюс к этому добавить возможность сортировки товаров (по способу оплаты, региону, цене и т.д.).

При организации поиска предпочтение будет отдаваться региональным поставщикам. То есть первыми будут выводиться предложения именно от местных производителей и поставщиков.

К главным особенностям предлагаемой платформы можно отнести, во-первых, ориентацию на мелкий опт, а во-вторых, ориентацию на непосредственных производителей и дилеров, которые либо являются эксклюзивными представителями производителя в регионе, либо занимаются прямыми поставками из-за границы. Ориентация платформы на мелкий опт означает то, что в результатах поиска платформа будет отдавать предпочтение поставщикам, работающих с небольшими партиями товара (10-100 ед.).

Таким образом, предлагаемая методика организации поиска поможет существенно «продвинуть» небольших региональных производителей, а рейтинговая система позволит в значительной мере упростить процесс взаимодействия между поставщиком и заказчиком, что, несомненно, положительно скажется на динамике развития бизнеса, особенно в условиях всеобщей цифровизации и перевода бизнес-процессов в сеть.

Бизнес-модель проекта предлагается организовать следующим образом. Доступ к базе данных поставщиков для клиентов будет предоставляться по подписке. Для новых пользователей предусмотрен пробный период в 30 дней. Планируется возможность приобрести подписку на месяц, полгода и год. Для поставщиков регистрация и работа на сайте будет бесплатной в определённых границах. Плата будет взиматься за добавление новых сфер деятельности, сверх тех, что были указаны при

регистрации и при превышении количества выставленных товаров (больше 50).

3. Расчет экономической эффективности

Для реализации проекта планируется привлечение собственных средств и средств фонда Президентских грантов.

Реализация проекта требует значительных инвестиций. Примерная структура затрат по категориям представлена в табл. 1-3.

Таблица 1

**Смета разработки и создания проекта в виде сайта
(единовременные затраты)**

Наименование статьи расходов	Цена, тыс. руб.
Дизайн сайта (индивидуальный, 1 вариант)	15
Верстка сайта (адаптивная)	15
Система управления	5
Создание внутренней структуры сайта (более 100 страниц)	11,5
Регистрация пользователей (расширенная)	18
Акции и спецпредложения (со счетчиком обратного отсчета)	4
Каталог продукции	14
Онлайн-заказ или заявка	4

Продолжение таблицы 1

Мультивалютность (3 валюты)	4,5
Пересчет цен по курсу (синхронизация с ЦБ)	5
Импорт/экспорт контента	4
Поиск по каталогу (текстовый)	6
Модуль «рекомендованные товары»	3
Поиск по сайту (с подсказками)	6
Комментарии к публикациям (на основе плагинов ВК и Facebook)	2
Рейтинг публикаций	3,5
Отзывы	6,5
Онлайн-консультант	4
Рекламная система	3
Покупка сервера	150
Итого:	284

Таблица 2

Постоянные затраты

Наименование статьи расходов	Цена, тыс. руб.
ЗП системного администратора	35
Юридические услуги на аутсорсинге	40
Бухгалтерские услуги на аутсорсинге	30

Продолжение таблицы 2

Домен	2
З/п штатного программиста	50
Страховые взносы	2,567
Амортизация сервера (планируется замена раз в год)	12,5
Итого:	172,067

Таблица 3

Переменные затраты

Наименование статьи расходов	Цена, тыс. руб.
Реклама	500
Канцелярия	2
Маркетинг	200
Итого	702

Стоимость размещения продукции компании на сайте – 2,5 тыс. руб.

Планируемое количество размещений в месяц – 300.

Стоимость доступа по подписке – 500 руб./месяц.

Количество подписчиков в месяц – 400.

Планируемая выручка в месяц: 925 тыс. руб.

Далее рассчитаем срок окупаемости проекта.

Ежемесячная чистая прибыль: $(925\ 000 - 172\ 067 - 702\ 000) * 0,8 = 40\ 746,4$ руб.

Чистая прибыль в год: $40\ 746,4 * 12 = 488\ 956,8$ руб.

Если инвестиции в проект составляют 284 тыс. руб., срок окупаемости составит $284\ 000 / 488\ 956,8 = 7,2$ месяца.

Итак, каждый предприниматель сталкивается с проблемой поиска надежных поставщиков. Особенно остро эта проблема ощущается в текущей крайне нестабильной экономической обстановке. Поэтому важно оптимизировать все бизнес-процессы и сделать каждый аспект работы бизнеса максимально эффективным. К одному из ключевых направлений, остро нуждающихся в оптимизации, можно отнести построение процесса взаимоотношений с поставщиками.

В результате работы над проектом была предложена концепция сайта, где представители микро-, малого и среднего бизнеса могли бы найти подходящего под их критерии поставщика товаров и услуг. Кроме того, сайт позволит самим поставщикам находить клиентов с минимальными рисками.

Проведенный анализ показал, что имеющиеся на текущий момент платформы не в полной мере удовлетворяют требованиям микро- и малого бизнеса. К основным недостаткам этих платформ можно отнести: отсутствие качественного поиска по товарам, невозможность отсортировать поставщиков по региону, отсутствие понятной рейтинговой системы и системы отзывов, невозможность сортировки товаров, и самое главное – нацеленность на крупные оптовые продажи.

Концепция предлагаемого проекта предполагает решение вышеуказанных проблем. Качественная организация поиска, нацеленность на работу с региональными поставщиками и мелкооптовыми партиями товаров, а также разработка рейтинговой системы должны привлечь внимание широкого круга предпринимателей из разных отраслей экономики.

В связи с тем, что проект направлен на оптимизацию одного из самых сложных и трудозатратных аспектов работы бизнеса, его внедрение позволит бизнесу существенно сократить риски, и тем самым подстегнет к развитию малый и средний бизнес не только в Брянской области, которая рассматривается в качестве пилотного региона, но и во всей России.

Список литературы

1. Исайченкова, В. В. Укрепление стратегической позиции предприятия с помощью механизма оптимизации бизнес-процессов / В. В. Исайченкова // European Social Science Journal. – 2014. – № 10-2 (49). – С. 59-66.
2. Прогноз социально-экономического развития Брянской области на 2019 год и на плановый период 2020 и 2021 годов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bryanskobl.ru/economy-forecast-until-2019> (дата обращения 20.07.2021).
3. Новикова, А. В. Развитие электронной коммерции как фактор глобализации отечественной экономики / А. В. Новикова, О. И. Митина // Экономика в условиях социально-техногенного развития мира [Текст] + [Электронный ресурс]: материалы II Международной междисциплинарной научной конференции по фундаментальным и прикладным проблемам современного социально-экономического и экономико-экологического развития (5 октября 2017 г., г. Брянск, БГТУ совместно с РАН): в 2 т. / под ред. Е.А. Дергачевой. – Брянск: БГТУ, 2017. – Т.2. – 530 с. – С. 80-86.
4. Исайченкова, В. В. Использование современных информационных технологий при оценке бизнес-процессов промышленных предприятий / В. В. Исайченкова, С. П. Новиков // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2017. – № 12 (59). – С. 310-312.
5. Новикова, А. В. Состояние и перспективы развития электронной торговли в Российской Федерации / А. В. Новикова, А. В. Крамарь // Вызовы цифровой экономики: условия, ключевые институты, инфраструктура: сборник статей I Всероссийской научно-практической конференции (г. Брянск, 21-22 марта 2018 г.) [Электронный ресурс]. Брянск: Брян. гос. инженерно-технол. ун-т. 2018. – 288 с. – С. 245-249.

6. Борисенко, М. А. Логистическая инфраструктура как ключевое конкурентное преимущество современного предприятия / М. А. Борисенко, В. В. Исайченкова // Цифровая логистика - интегрированный подход: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции. – Брянск, 2020. –С. 90-93.

7. Новикова, А. В. Формирование конкурентной стратегии промышленного предприятия на основе использования преимущественно процессно-ориентированного подхода: Дисс. на соискание степени к.э.н. – Орёл, 2006. – 170 с.

8. Шпиленок А. Ю. Цифровизация как новый вектор экономического роста в России / А. Ю. Шпиленок, С. П. Новиков // Вызовы цифровой экономики: итоги и новые тренды. Сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции. – 2019. – С. 665-670.

9. Мхитарян, С. В. Маркетинговое управление поставками : учебное пособие / С. В. Мхитарян. — Москва : Евразийский открытый институт, 2016. — 136 с. — ISBN 978-5-374-00468-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/10766.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

10. Палагин, Ю. И. Логистика - планирование и управление материальными потоками : учебное пособие / Ю. И. Палагин. — 2-е изд. — Санкт-Петербург : Политехника, 2020. — 288 с. — ISBN 978-5-7325-1084-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/94836.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

© А.В. Новикова, 2021

УДК 101.1

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИЗАЦИИ В СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЕ

Ушаков Евгений Владимирович

кандидат философских наук, доцент

ФГБОУ ВО «Российская Академия

Народного Хозяйства и Государственной Службы

при Президенте Российской Федерации»

(Северо-Западный институт управления)

Аннотация. Развитие технологий сегодня является предметом многочисленных дискуссий. Философия техники и технология — стремительно развивающееся течение современной мысли. Общая направленность научно-технических разработок, выявление факторов, влияющих на технологическое развитие, а также обсуждение возможностей контроля за технологическими инновациями остаются сложными, нерешенными проблемами. В статье рассматриваются проблемы автономии технологии и возможности общественного контроля за технологическим развитием.

Ключевые слова: философия техники и технологии, фундаментальные проблемы современной цивилизации, технология и общество, управление технологическим развитием, последствия технологического развития, оценка технологий

THE PROBLEM OF AUTONOMY OF TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT: TECHNOLOGY AND PUBLIC CONTROL

Ushakov Evgeniy Vladimirovich

Abstract: The development of modern technologies today is the subject of numerous discussions. The philosophy of technology is a rapidly developing current of contemporary thought. The general orientation of scientific and technical developments, the identification of factors affecting technological development, as well as the discussion of the possibilities of controlling technological innovations remain complex, unresolved problems. The article deals with the problems of technology autonomy and the possibilities of public control over technological development

Key words: philosophy of technology, fundamental problems of modern civilization, technology and society, management of technological development, consequences of technological development, technology evaluation

На протяжении XX века в возрастающем темпе произошло расширение технологического подхода с материально-технической сферы на биологическую (работа с биоматерией) и социально-гуманитарную (управление, образование, политику и т.п.). Это факт фундаментальной значимости, который позволяет говорить о состоявшемся «технологическом обществе» или «технологической эпохе».

Тотальная технологизация общества – это, прежде всего, проникновение во все сферы жизни принципов технологической рациональности. Это перенос схем мышления, критериев, практик, характерных для материально-технической деятельности, на область человеческих отношений, социальных структур, институтов и т.д.

Вспомним, например, что сфера рационального управления (которая играет огромную роль в развитых странах) как научная дисциплина пришла именно из технической области. Основоположник школы научного менеджмента Ф. Тейлор, оптимизируя организацию труда, фактически вводит в человеческую деятельность машиноподобные структуры, анализирует и упорядочивает ее по типу работы технического устройства. На первый план выходят сугубо технические показатели - точные элементы действий, хронометраж, рабочий цикл, эффективность и т.п.

Позже менеджеральный взгляд расширяется (например, возникает школа «человеческих отношений»), но базисный контекст технологической рациональности остается фундаментом всей управленческой науки.

Фактически весь понятийный ряд технологической рациональности и ее нормативности - достижимость, измеримость, эффективность, контроль, надежность, стандарт, оптимальность, максимизация и т.п. - стал приложим к различным нетехническим сферам.

Но, пожалуй, наиболее широко используемым понятием из этого ряда оказывается эффективность, которое приобретает в технологическом обществе поистине универсальное значение. Требование эффективности применяется к политике, образованию и учебе, сервисному обслуживанию, медицинской помощи, консультациям психолога, социальной политике и т.п.

В известной работе Ж.-Ф. Лиотара «Состояние постмодерна» (1979) говорится, что современное общество перестало верить «большим идеологиям» (доктринам об эмансипации человечества, всеобщем благе, равенстве, свободе, прогрессе и т.п.) - т.е. наступил «кризис легитимации» - утрата доверия общества к различным традиционным социальным практикам. Дискурс эффективности в этих условиях становится само-легитимирующимся; он дает обоснование политике, науке, праву,

социальным проектам и т.п., связывая воедино различные виды деятельности общества.

В этом процессе техническая нормативность приобретает главенствующее значение, а другие виды нормативности, действующие в обществе, оттесняются или попадают в зависимость от нее.

Сегодня широко используются понятия «социальных технологий» и «гуманитарных технологий». Это технологии образовательные, управленческие, политические (ведения избирательных кампаний и др.), масс-медиа, сервиса, психологии и психотерапии, рекламы и маркетинга, связей с общественностью, создания имиджа, ведения переговоров и деловой коммуникации, организационные, семейного консультирования, социальной работы и многие другие.

В этом богатом разнообразии становится трудно определить само понятие социальной или гуманитарной технологии. И действительно, существует много определений этих терминов, а также попыток уточнить терминологию и провести различие между этими двумя понятиями.

Например, социальные технологии можно определять как относящиеся к социальным отношениям, т.е. строящие определенные устойчивые структуры, институциональные системы (например, технологии управления, социальной политики, организационного дизайна). В то же время гуманитарные технологии нацелены на индивида, на тот или иной способ воздействия на его сознание и поведение (образовательные, консультативно-психологические, деловой коммуникации, политического PR и др.).

Другой вариант: социальные технологии можно понимать как структурно-ориентированные (структурирование социального пространства), а гуманитарные - как процессуально-ориентированные (запуск и управление определенными процессами, происходящими с индивидами и обществом).

Но мы не будем проводить четкого деления между этими терминами. Далее мы будем использовать объединенное название социогуманитарных технологий. Под этим понятием мы будем понимать различные хорошо структурированные методы действия, направленные на процессы, отношения и результаты в социогуманитарной сфере. Иными словами, социогуманитарные технологии охватывают способы деятельности в отношении определенных социальных отношений и процессов, а также направлены на получение гуманитарных результатов (в отношении индивидов, социальных групп или общества в целом).

Существует обширная литература, посвященная теории и практике социальных и гуманитарных технологий. Как для технологий материально-технической сферы, принцип любой социогуманитарной технологии - это обеспечение устойчивой возможности результативного действия. Хорошо отработанная технология может быть многократно использована в сходных ситуациях. Аналогично, регулятивная идея любой социогуманитарной технологии - действовать *наилучшим способом* (с точки зрения некоторой нормативной системы), что должно достигаться за счет внутренней рациональности технологии (обоснованности ее содержания, используемых в ней знаний и навыков).

Сама разработка различных технологий для социогуманитарной сферы сегодня становится вполне структурированным процессом, все более рационализируется. Отвлекаясь от огромного разнообразия производимых продуктов, попробуем выделить ряд общих черт в самой логике технологического подхода к проблемам.

К основным принципам развития социогуманитарных технологий можно отнести следующие.

1. Переопределить (изменить) само отношение к исходной деятельности или проблеме.

2. Промоделировать данную проблему в материально-технических терминах с приложением технической нормативности.

Таким образом, развитие социогуманитарной технологии начинается с установления *нового отношения* к некоей исходной деятельности или проблеме, которая тем самым «технологизируется» при нахождении нового понимания проблемы. В этом случае на фоне уже имеющейся деятельности мы ищем новый способ ее интерпретации, ведущий к ее существенному преобразованию.

Если в сфере материально-технической деятельности уместно говорить о *конструировании* или *изобретении* технологий, то для мира человеческих отношений можно в известном смысле говорить о *извлечении* технологий из какого-либо исходного поля.

Так, новый способ действия может быть в некотором роде сокрытым, потенциально присутствующим - надо его только распознать, «очистить», реконструировать. Ярким примером этого служит подход Ф. Тейлора, позволяющий рационализировать трудовые процессы (анализ рабочего времени, процедур, установка стандартов и т.п.).

Допустим, вначале имела место некая более «естественная» деятельность (отношение, поведение, работа и т.п.). Технологизация приходит как шаг вперед по сравнению с ней на основе некоего критерия повышенной целесообразности (эффективности, результативности и т.п.). Технологический разум вводит в исходное поле рефлекссию и абстракцию. При этом, возможно, в «дотехнологической» деятельности был некий внутренний смысл, самооценность, но технологизация нередко полностью разрушает его по той причине, что она просто отвлекается от него. Технология не ищет самооценности, а ставит цели.

Здесь действует также второй принцип технологизации: проблемная ситуация представляется в структурно-системных терминах. Как правило,

мы должны четко идентифицировать структуру самой проблемы, наши цели и задачи, точные критерии достижения цели, управляемые процессы или системы, применяемые инструменты, концепции эффективности, ограничения, ключевые факторы и т.п.

Для визуализации структур человеческих действий и отношений широко применяют различные способы картирования, диаграммы, блок-схемы и т.п., в том числе пришедшие из инженерно-технической деятельности. Например, поточные схемы (flowcharts) используются для графического представления и анализа сервисных процессов.

Поиск новой технологии сопровождается построением абстрактного оперативного пространства, в котором можно изменять систему исходных отношений, строить новые отношения и т.п. Для этого проводится особая аналитико-концептуальная работа: вычленяются элементы, вводятся абстрактные объекты, отношения, подбираются (ищутся) новые связи, приемы работы; налаживаются новые пути, устраняются препятствия и т.п.

Итоговый разработанный продукт должен обеспечить повышенную эффективность.

Для иллюстрации назовем известную технологию по организации рабочих процессов, разработанную японской фирмой «Тойота» и называемую *Lean* (бережливое мышление, гибкое мышление и т.п.).

Вкратце, она состоит в том, что рабочее пространство - т.е. производственный процесс или обслуживание клиента - подвергается тщательному анализу, в ходе которого осуществляются шлифовка рабочего процесса, формирование непрерывной «цепочки ценности», поиск максимальной эффективности ценность-создающих действий (убрать излишние затраты, устранить барьеры, улучшить интеграцию звеньев и т.п.). Здесь взаимодействуют инженерное мышление (замена более эффективными техническими устройствами, новая организация пространства, внедрение

информационных технологий и т.п.) и концептуальный поиск (изменить само отношение к деятельности, переструктурировать и рационализировать ее).

Точно так же происходит поиск новых интерпретаций и переструктураций при внедрении «технического» взгляда на проблему общения, человеческих взаимоотношений. Здесь разворачивается абстрактное структурированное пространство, включающее такие понятия, как цели общения, способы влияния на другого, роли, полезные результаты и т.п. Из такого представления вытесняются естественные эмоции, целостные ощущения, интуитивные реакции, и на место их приходит рациональный, внешний взгляд.

В пределе технологии в социогуманитарной сфере (так же, как и в материально-технической) стремятся к максимальной эффективности. Общая стратегия достижения эффективности состоит в сконцентрированном воздействии на ключевые звенья процессов или систем. Сосредоточение на нужных пунктах-мишенях позволяет, не тратя лишние ресурсы (время, деньги, эмоции, личные или общественные усилия), кратчайшим путем добиваться необходимого результата (четко сформулированного в виде поставленной цели). Вместо прежних неформальных и неотрефлексированных процессов и действий технология приносит очищенную «структуру эффективности».

В результате техническая формулировка задачи может оказаться целиком освобожденной от ценностного взгляда, от того контекста сложных человеческих отношений, из которых, она, собственно, и возникла. Она становится предельно абстрактной фокусировкой на поставленной цели. При этом она как бы проецируется в новое измерение - пространство оперативных возможностей. Типичный прием состоит в том, что «внутренние» факторы проблемы - процессы, структуры, взаимосвязи,

события - рассматриваются с точки зрения потенциальных внешних средств, вмешательств, перестановок, технических решений, возможных технических посредников и т.п.

В современных социогуманитарных технологиях, как и в материально-технической сфере, активно применяются научные методы и данные специальных исследований. Социогуманитарная технология существенно научена. Например, разработка техник маркетинга, рекламы, имиджа, ведения избирательных кампаний и т.п. базируется на научных знаниях в области массовой психологии, поведения потребителя, возрастной психологии, психологии восприятия, политологии, социологии, демографии и т.п.

Одни только разработки стратегий маркетинга в крупных корпорациях нередко поглощают в себя немалые средства, так как требуют специально спланированных и широких маркетинговых исследований.

При этом технологии сбора и анализа данных становятся все более эффективными. К примеру, появление в 90-е гг. программных продуктов статистической обработки данных *Data mining* было сразу воспринято бизнесом и использовано для обследований рынка. Эти новые техники, более мощные, чем обычные методы математической статистики, позволяют переработать огромные объемы информации и распознать закономерности, которые совершенно не видны «невооруженным» глазом, а также не улавливаются статистическими методами. На этих знаниях о поведении потребителя дальше выстраиваются стратегии эффективного продвижения товара к целевой аудитории.

Таким образом, разработка технологий в социогуманитарной сфере вводит рефлексирующее и абстрагирующее отношение к исходной проблеме, представляет ее в структурно-системных терминах с приложением технической нормативности, концентрируется на ключевых факторах

эффективности, а также использует необходимые научные методы, знания и данные специальных исследований.

Развитие теории и практики социальных и гуманитарных технологий вызвано объективными потребностями. И, конечно, обществу требуются все новые действенные технологии в этой области. Достоинства технологического подхода в социогуманитарной сфере не подлежат сомнению. Это, прежде всего, относится к хорошо структурированным, научно обоснованным программам действий, позволяющих целенаправленно улучшать социальные структуры и отношения, получать желаемые гуманитарные результаты.

Выверенные, рационально спланированные действия, безусловно, необходимы в сферах образования, социальной работы, управления, хозяйственной деятельности, социально-демографической политики, общественного здравоохранения, муниципальной политики, психологической помощи населению, семейной политики и многих других областях.

Однако существуют и немалые издержки, отрицательные эффекты повсеместного распространения технологического подхода на область человеческих отношений.

На наиболее фундаментальном уровне эти издержки связаны с неким принципиальным различием между сферами материально-технической деятельности и межчеловеческими действиями и взаимоотношениями. Лучше прояснить это несовпадение нам поможет следующее важное различие, которое ввел еще Аристотель в т.н. «Большой этике».

Аристотель разделяет такие понятия, как (1) создание, делание (*poesis*) и (2) исполнение, действие (*praxis*). Создавая вещи, мы *делаем*, а исполняя - *действуем*, и это не одно и то же.

Делание, *позис* проявляется как (техническое) мастерство, или «тэхнэ». Здесь наша активность направлена на дела и создаваемые вещи

(строительство, гончарное дело и т.п.). А исполнение, праксис - не имеет другой цели, кроме самого действия (например, игра на музыкальном инструменте). К этому можно добавить, что исполнение базируется на внутренних целях и ценностях, а делание имеет внешние критерии, оно овеществляется, материализуемо.

Разовьем эту мысль дальше. Делание (поэсис) изготавливает *образцы*. Соответственно, эти образцы служат для объективного изучения (замеры, технические испытания), улучшения и воспроизведения (по образцам-эталонам, техническим стандартам). А исполнение (праксис) не имеет таких материальных образцов-эталонов; оно может ориентироваться только на *примеры*.

Это различие - *образец* (стандарт) / *пример* (подобие) - имеет принципиальный характер.

Иллюстрацией может служить взаимодействие учащегося и педагога в процессах преподавания и обучения. Образование (в классическом смысле) как процесс длящейся «встречи» ученика и учителя - это именно *исполнение*. Обучение в современном смысле, нацеленное на эффективность, - это «делание обученным» (с четкими задачами и целями, показателями результативности и т.п.).

Само поведение участников образовательного процесса все больше регулируется в качестве валидизированного и четко достижимого *образца*, а не просто *примера* хорошей преподавательской работы. Многие современные образовательные технологии основаны на том, что преподаватель использует формально разработанные приемы (эффективная обратная связь с аудиторией, стимуляция активности учащихся и др.), а ожидаемый результат обучения - четко определяется заранее (чему должен научиться учащийся, какое количество баллов должен набрать в хорошо валидизированной системе тестов и т.п.).

В «Никомаховой этике» Аристотель говорит также, что разумность (фронесис) в областях, связанных с человеческими делами и принятием решений (этика, политика, законодательство), базируется на поступках. Разумность не имеет внешней цели, как в техническом делании (позсис), и направлена на получение блага в самом поступке.

Иными словами, в сфере человеческого поведения на первый план выходят его основополагающие внутренние качества (ценности, мотивы, обязанности, намерения, значения и т.п.), что, в частности, и позволяет говорить о человеке как моральном субъекте в классическом смысле. Смещение фундаментального понимания *поступка* (во всем его этическом значении) к действию-деланию несет сложные моральные следствия, где моральный субъект подменяется субъектом чисто технического действия.

Это мы видим и в политической сфере. Здесь стоит вспомнить, что известный философ Х. Арндт придавала фундаментальное значение политическому началу человеческой деятельности, считая его выражением человеческой свободы. Эта свобода способна создавать совершенно новое, до этого не существовавшее. И она как раз реализуется (должна реализовываться) в межчеловеческих отношениях и действиях подобно *исполнению* в аристотелевском смысле. Однако сегодня политическая деятельность все более смещается к образцам, задаваемым технической нормативностью.

Склонность к технологическим решениям чуть ли не во всех проблемных областях человеческой деятельности на самом деле чревата многими подводными камнями. Технологическое решение может быть лишь частичным, подменять собой решение целой проблемы. В этом случае мы получаем просто некий суррогат, грубое приближение или даже имитацию решения. К примеру, отработанные схемы социальной политики (социальная защита, борьба с бедностью, трудоустройство и т.п.), выраженные в терминах «охвата», «мероприятий», «новых учреждений», «отчетных

данных» и т.п. на самом деле могут создавать лишь видимость социальной пользы и скрывать глубокие нерешенные проблемы.

Любые технологии имеют ограничения (и, более того, несут в себе определенным образом суженный, структурированный подход). В тех задачах, где применение технологии по-настоящему обосновано, технологический подход обнаруживает такие достоинства, как: зримую эффективность, высокую вероятность (или гарантию) успешного результата, хорошую контролируемость ситуации, надежность управления, однозначность и простоту решения проблемы, стандартизированность действий, высокую скорость решения и т.п.

Однако в сложных, многофакторных ситуациях оказывается трудно добиться этого. Напротив, здесь мы можем столкнуться с такими преобладающими ситуационными свойствами, как: значительная неопределенность, уникальность, постепенность изменений, необходимость взаимной согласованности действий многих участников и др.

Недостаточность технологических решений в сложных человеческих проблемах может состоять также в том, что они могут оказаться слишком односторонними, излишне жесткими (или даже форсированными), краткосрочными, необратимыми. В многофакторной ситуации искусственное приведение ее к единственному предлагаемому способу решения может быть на самом деле псевдо-решением и лишь исказить всю исходную проблему.

Так, в сложных проблемах, включающих психологические, социальные, культурные и другие моменты, технологическое решение, устраняя более естественные способы действий, может разрушить то, что было наиболее ценно как раз для человеческого действия: свободу, самостоятельный поиск решений и преодоление трудностей, креативность, спонтанность, неформальность и т.п.

Выше говорилось, что технологический подход вводит абстрагированные отношения, привлекает внешних посредников для воздействия на внутренние факторы той или иной проблемы. Уже сама эта техническая переформулировка может порождать противоречия и проблемы.

Ярким примером могут служить репродуктивные технологии. Само это понятие уже показывает, что проблема деторождения истолковывается в терминах «репродукции», словно технически-производственное задание. Хотя эти техники относятся к области биомедицинских технологий, они обладают и важным социогуманитарным значением, поскольку проблема деторождения имеет сложную биосоциальную природу.

Здесь мы можем увидеть целое семейство всевозможных технических решений проблемы бесплодия. Задача, которую решают репродуктивные технологии, может быть сформулирована следующим образом: как все же произвести на свет ребенка, используя какой-либо обходный путь для преодоления имеющегося препятствия (структурной патологии половой системы, несостоятельности того или иного звена нормального деторождения и т.п.)? Задача нахождения технического решения становится вызовом для ума, остроумия, инженерного искусства.

В репродуктивных техниках трудности и препятствия обходят различными внешними, искусственными средствами. Нарушен акт оплодотворения? - Оплодотворим искусственно. Полная неспособность со стороны мужчины? - Используем другого мужчину (донора). Роды исключены у женщины полностью? - Используем другую женщину (носительницу).

На этом пути разрабатывается множество хитроумных способов, поражающих своей изощренностью. Все это чисто технические решения, которые полностью игнорируют все прочие - сугубо «человеческие», внутрисемейные, ценностные - стороны проблемы деторождения.

Тем самым происходит полная замена человеческой проблемы на проблему чисто биологическую. Но это становится причиной острых этических конфликтов, так как здесь размываются понятия материнства и отцовства, «модернизируются» традиционные семейные ценности, создаются сложные, нетрадиционные отношения между участниками «репродуктивного» процесса и т.п.

Разрастание технологической рациональности в социогуманитарную сферу заменяет естественное «сделанным», «изготовленным»; замещает разнообразие унификацией и стандартизацией; влечет вырождение спонтанности. Вторжение понятий технической нормативности разрушает или подрывает другие системы ценностей.

Но, пожалуй, наиболее фундаментальная опасность технологизации человеческих отношений - это развитие инструментального взгляда на человека вообще. Иными словами, чем шире разрастается сфера манипулятивного воздействия на человека, тем больше разрушается сама основа морального отношения к человеку (по Канту, «человек должен рассматриваться как цель сам по себе, а не как средство»).

Таким образом, проникновение технологического подхода во все сферы жизни и человеческих отношений - это гораздо более фундаментальное явление, чем просто приход в общественную жизнь все новых технологических разработок. Если конкретные технологии можно сдерживать различными мерами (оценка, регулирование, запреты), то универсальное влияние самой технологической рациональности неудержимо - в том числе в социогуманитарной сфере.

Список литературы

1. W. E. Bijker, Th. P. Hughes, T. J. Pinch (eds.). The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1987.
2. Hughes T.P. Networks of Power. Electrification in Western Society, 1880 - 1930. Baltimore, MD.: The John Hopkins University Press, 1983.
3. Callon M. Some Elements of a Sociology of Translation: Domestication of the Scallops and the Fishermen of St Brieuc's Bay // Law J. (ed.) Power, Action and Belief. Routledge and Kegan Paul, London, 1986. - P. 196-229
4. Winner L. Autonomous Technology. Technics-out-of-control as a Theme in Political Thought. MIT Press, 1st Edition, 1978.
5. Winner L. Upon opening the black box and finding it empty: Social constructivism and the philosophy of technology // Science, Technology, and Human Values, 1993, 18, p. 362-378

© Е.В.Ушаков, 2021

РАЗДЕЛ II.

**ЧЕЛОВЕК, ОБЩЕСТВО, ТЕХНОЛОГИИ: АКТУАЛЬНЫЕ
ВОПРОСЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

УДК 371

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ГОТОВНОСТИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВУЗА
К ВНЕДРЕНИЮ ТЕХНОЛОГИИ СМЕШАННОГО ОБУЧЕНИЯ**

Горбунова Наталья Владимировна

д.п.н., профессор

Вовк Екатерина Владимировна

к.п.н., доцент

Аннотация: модернизация современной системы образования связана с внедрением и использованием цифровых технологий. В настоящее время современное образование нуждается в комфортной образовательной информационной среде, системе коммуникаций для демонстрации качества образовательной информации. Особенностью современного образования является новый образ уже сложившегося социального мировоззрения педагогов. Педагоги способны реализовать содержание образования в контексте новых методов, форм и средств обучения с учетом того, что решением проблемы обучающихся в информационном обществе может стать использование смешанных методов обучения, которые не только отвечают требованиям времени, но и могут стать конкурентоспособными. Эффективность образовательного процесса напрямую связана с современными образовательными технологиями. Важная роль отводится самостоятельной работе студентов, увеличению доли самостоятельной

работы в учебном процессе, дистанционной разработке образовательных программ.

Ключевые слова: смешанное обучение, изменения в сфере работы, методологический потенциал, информационные технологии.

ANALYSIS OF THE STATE OF READINESS OF UNIVERSITY TEACHERS FOR THE INTRODUCTION OF MIXED LEARNING TECHNOLOGY

Gorbunova Nataliya Vladimirovna

Vovk Ekaterina Vladimirovna

Abstract: modernization of the modern education system is associated with the introduction and use of digital technologies. At present, modern education needs a comfortable educational information environment, a communication system to demonstrate the quality of educational information. A feature of modern education is a new image of the already established social worldview of teachers, teachers are able to implement the content of education in the context of new methods, forms and means of teaching, given that the solution to the problem of students in the information society can be the use of mixed teaching methods that not only meet the requirements of the time, but can also become a competitive advantage of educational institutions of secondary vocational education. The effectiveness of the educational process is directly related to modern educational technologies. An important role is given to independent work of students, increasing the share of independent work in the educational process, and remote development of educational programs.

Key words: blended learning; changes in the field of work; methodological potential; information technologies.

Вариативность содержания, организационной формы, методов и средств обучения в зависимости от познавательных целей, умений и потребностей студента важна на всех этапах приобретения знаний, но главным образом на этапе подготовки будущих специалистов. Исходя из этого, очевидно, что для достижения нового, соответствующего качества образования необходимо внедрять новые формы обучения в высшей школе, развивать недогматичную систему образования и устанавливать непрерывное обучение. Этому может помочь смешанное обучение, главным преимуществом которого является формирование комфортной образовательной информационной среды, системы коммуникаций, отображающей всю соответствующую образовательную информацию. Современная модернизация в сфере образования развивается за счет использования цифровых технологий, и, что немаловажно, такая форма обучения является одним из главных конкурентных преимуществ высших учебных заведений [11].

Обзор научных публикаций по тематике исследований и практики организации смешанного обучения при подготовке преподавателей, выявил ряд противоречий:

- появление в современном обществе огромного спроса на высококвалифицированных специалистов, способных самостоятельно приобретать и совершенствовать свои знания в соответствии с выбранными целями, используя современные информационные технологии;
- высокий потенциал смешанного обучения, но недостаточная разработанность учебной базы его применения;
- возможность реализации смешанных образовательных программ во многих высших учебных заведениях и отсутствие подготовки будущих педагогов к этой работе [5].

Понятие «информатизация образования» становится обязательной частью работы любого образовательного учреждения в системе СПО. Информатизация образования – это оперативная передача, хранение и обработка информации в образовательном процессе, определяемая потребностями образовательных учреждений и субъектов. Сложившаяся ситуация вынуждает преподавателей системы СПО адаптироваться к новым условиям и принимать обоснованные и правильные решения в профессиональной деятельности.

Использование новых информационных технологий в образовании становится одним из приоритетных условий качественного образования как средства доступа к образовательной информации, глобальным сетям, Интернету, электронной почте, видеоконференциям, вебинарам, электронным библиотекам и т.д. Концепции «открытого обучения» и непрерывного образования появились в сфере образования, где информационные технологии коренным образом изменили образовательный процесс и позволили разработать системы, адекватно реагирующие на изменения в системе образования. Новым и перспективным направлением развития образования является внедрение дистанционного обучения на основе современных образовательных, информационных, информационно-коммуникационных технологий [6].

Создателями системы дистанционного образования являются Ч. Тусен и Г. Лангенштейн, с тех пор как Чикагский университет основал свое первое заочное отделение в 1891 году. Позже форма заочного образования распространилась на Западную Европу, Советский Союз, Юго-Восточную Азию и другие страны. В современных условиях спрос на дистанционное обучение в мире растет с каждым годом. Дистанционное обучение приобрело образовательное, политическое и экономическое значение. Исследование, проведенное Институтом образовательных информационных

технологий ЮНЕСКО, подтвердило высокий интерес к дистанционному образованию. Только 5% взрослых респондентов, участвовавших в исследовании, заявили, что они удовлетворены традиционной системой образования [8]. Остальные респонденты хотели, чтобы современные технологии, модели и методы обучения были достаточными для дистанционного открытого, гибкого обучения в качестве условия обучения. Дистанционное образование можно считать реальностью не только за рубежом, но и в России. Например, учебные заведения нашей страны подготовили десятки тысяч выпускников на основе дистанционного обучения в учебных центрах в 350 городах. Активно работает Центр дистанционного открытого образования Links в сотрудничестве с Открытым университетом Великобритании. В свою очередь, набирает обороты Университетская сеть Российской Федерации (RUNNet), объединившая в одну сеть более 25 крупных научных и образовательных учреждений.

С точки зрения педагогики существуют два принципиально разных способа определения понятия «дистанционное обучение». Первый, на сегодняшний день наиболее распространенный, определяет дистанционное обучение как обмен информацией в системе «обучения педагогов» с помощью средств информационной коммуникации [6]. Второй метод – это в основном продуктивная личностная деятельность студентов, которая осуществляется с помощью современных информационно-коммуникационных технологий. Такой подход предполагает интеграцию современного образования и информационных технологий, интерактивность и продуктивность взаимодействия субъектов образовательного процесса.

Краснова Т.И. определяет дистанционное обучение как пространственное разделение предметов в процессе обучения [5]. А.А. Андреев, изучая дистанционное обучение как современную форму обучения, в которой используются инновационные методы, формы

организации учебной деятельности, указывает, что информационно-коммуникационные технологии являются обязательными в таком обучении [1]. Исследователи пришли к выводу, что дистанционное обучение – это целенаправленный и организованный процесс взаимодействия преподавателей и студентов, изменяющийся в пространстве и времени взаимодействия и реализуемый в конкретных системах обучения [6].

В то же время отметим, что содержание развития современного образования в России определяется инновациями в области цифровых технологий. Этот факт напрямую связан с появлением «цифрового поколения». Это поколение характеризуется умением лучше работать с графикой, общаться по электронной почте в Интернете, быстро получать информацию, стремиться решать многочисленные задачи одновременно, предпочтением проектной групповой деятельности, увлеченностью игрой. Смысл появления «цифрового поколения» реализует вопрос поиска условий, закономерностей, воспитательных приемов, методов воспитания.

В свою очередь, методологический вопрос связан с вопросом о квалификации педагога в системе среднего профессионального образования и общей организации образовательного процесса. Вопрос о том, как организовать образовательный процесс в системе среднего профессионального образования в контексте информационно-образовательной среды образовательных учреждений, какова новая методика обучения, соответствующая современным вызовам, является приоритетным. Исследователи отмечают, что педагогам XXI века необходимо реализовать образовательный процесс для своих обучающихся, которые четко знают, чему и как учить в цифровом пространстве.

В конце 20-го века в педагогике изменилась парадигма, ориентированная на знания с личностно-ориентированным образованием, которое предполагает педагогическую поддержку, индивидуальное развитие

личности студента через самоидентификацию студента в мире культурных ценностей. Роль современных педагогов заключается не в передаче знаний, а в развитии у обучающихся способности обрабатывать полученную информацию и понимать ее. Следует отметить, что современная система образования находится в начале освоения смешанных методов обучения. Изменения, произошедшие в системе образования, направлены на симбиоз передового практического опыта педагогов в преподавании и достижений современных образовательных технологий. Следует отметить, что развитие дистанционного обучения связано с различными образовательными моделями, реализуемыми в образовательной системе. Краснова Т.И. так описывает эту модель дистанционного обучения:

- интеграция форм обучения (очная и дистанционная);
- веб-обучение (офлайн-курсы, информационно-образовательные среды, виртуальные школы, кейс-технологии);
- интерактивное телевидение, видеоконференции [5].

По мнению А.В. Логиновой использование методов гибридного обучения помогает решить многие проблемы, стоящие перед системой образования [7]:

- расширение доступности образования на всех уровнях;
- в учебном процессе учитываются индивидуальные особенности обучающихся, их потребности, темпы, с которыми они разрабатывают учебные материалы;
- активизировать познавательную деятельность студентов при разработке учебных материалов;
- изменение стиля взаимодействия от трансляции знаний преподавателем до взаимодействия со студентами;
- персонализированный образовательный процесс, дающий каждому студенту возможность самостоятельно определять свои цели и методы их

достижения с учетом образовательных потребностей, интересов и способностей.

В настоящее время все больше учебных планов и дисциплин переходят на форму смешанного обучения (СО), в результате чего роль преподавателей в образовательном процессе постепенно меняется. Это подразумевает наличие определенных новых компетенций, необходимых для успешного обучения.

Некоторые зарубежные исследователи [6] считают, что из-за постоянного обновления существующих образовательных моделей, ускоренных темпов инноваций в области информационно-коммуникационных технологий и активной информатизации современного общества трудно продвигать возможности, необходимые для использования метода СО. Однако, по мнению экспертов Майкла Хорна и Хизер Стэкер, рекомендуется выделить 5 аспектов, которые являются ключевыми в СО:

1. «Удобство в барьерах» – способность педагога адаптироваться к различным видам деятельности, инструментам и функциям СО и использовать это разнообразие для создания комфортной образовательной среды для себя и обучающихся. Для достижения вышеуказанных условий рекомендуется создать культуру работы в смешанной среде, разработать строгие правила, регламентировать и показывать студентам ожидаемые результаты обучения.

2. Анализ учебной деятельности студентов и принятие решений – способность преподавателей своевременно проверять работу студентов, комментировать их оценки и давать рекомендации по их устранению. Для этого полезно создать персональную базу данных каждого преподавателя с комментариями и предложениями по типичным ошибкам, а также некоторыми релевантными ссылками на их предмет.

3. Реализация принципа индивидуального подхода – возможность оказания помощи отдельным студентам в освоении новых технологий с учетом личностных особенностей. Одним из наиболее эффективных способов реализации такого подхода может стать использование различных форм работы – от индивидуальных консультаций до групповых лекций, сформированных в соответствии с интересами или потребностями студента.

4. Реализация совместного или коллективного образования, при котором преподавание той или иной дисциплины осуществляется несколькими педагогами.

5. Технические способности – способность преподавателей общаться, искать и выбирать информацию в различных информационных средах, используя различные онлайн-инструменты для решения повседневных задач, таких как помощь студентам в выполнении некоторых основных операций, таких как регистрация или загрузка данных на интернет-платформе. Для успешного применения технологии United Technologies предполагается, что помимо успешного овладения базовыми компетенциями преподаватели должны успешно овладевать конкретными компетенциями на определенных этапах профессиональной деятельности [3].

Во многих российских вузах повышение квалификации профессорско-преподавательского состава организовано и успешно осуществляется в рамках программы «Организация образовательных процессов с использованием методов электронного обучения в гибридной модели (на основе LMS Moodle и других инструментов и сервисов ЕЕ)» [10].

Актуальность программы обусловлена тем, что в настоящее время вузы активно внедряют гибридный подход к обучению, т.е. используют популярную систему управления обучением LMS Moodle. Преподаватели разрабатывают авторские электронные учебные планы по своим дисциплинам, а студенты имеют возможность оптимизировать

образовательный процесс путем переноса определенных видов образовательных взаимодействий из аудиторной в электронную среды [2]. Программа состоит из 5 модулей, которые предполагают реализацию теоретических и практических курсов электронного обучения в университетах, обеспечение качества электронного обучения, проектирование образовательного процесса в соответствии с моделью СО, использование электронных курсов на основе LMS Moodle.

Преимущества Moodle:

- возможность оттачивать функциональность конкретных образовательных проектов, разрабатывать другие модули, интегрироваться с другими системами;
- ориентация на методы совместного обучения, что позволит организовать обучение в позитивной форме, обмениваться знаниями в процессе совместного решения учебных задач;
- широкий спектр коммуникационных возможностей: возможность обмена документами в любом формате, списки рассылки, форумы, чат, обзор студенческой работы, внутренняя почта и т.д.;
- возможность использования любой системы оценки;
- полная информация о работе студента (виды деятельности, время и содержание учебной работы, портфолио).

В системе Moodle существует 3 типа форматов курсов: форум, структура (учебные модули не связанные с календарем), календарь (учебные модули связанные с календарем). Курс может содержать любое количество ресурсов (веб-страницы, книги, ссылки на файлы, каталоги) и любое количество интерактивных элементов курса включая: вики, анкету, глоссарий, задание, опрос, объяснение, тест, курс. Для всех элементов курса возможна оценка, в том числе по произвольной шкале, созданной преподавателем.

Все оценки можно просмотреть на странице «Оценки курса», которая имеет ряд настроек для типа отображения и группировки оценок. Для курса есть удобная страница просмотра последних изменений. В течение выбранного периода времени преподаватели могут видеть вновь зарегистрированных студентов, новые сообщения на форуме, пройденные тесты и другие сайты Moodle для курса, чтобы обеспечить качественную поддержку пользователей платформы бесплатно. Этому способствует большое российское сообщество пользователей системы. Часто используемый термин «электронное обучение» включает в себя довольно много аспектов, начиная с формы и режима обучения и заканчивая элементами мультимедийных курсов.

По сути, электронное обучение – это информационное пространство для обучения, повышения квалификации и т.д.

Преимущества электронного обучения [7]:

- можно использовать электронную почту, форум или чат;
- обучение возможно независимо от времени и места;
- все учебные материалы могут быть размещены в одном месте – на сервере Lms (система дистанционного образования – СДО);
- индивидуальный мониторинг обучения.

В ходе эволюции системы образования формируются новые модели обучения. В дополнение к очному, заочному и дистанционному обучению все чаще используется смешанное обучение с целью объединения преимуществ других форм обучения. С точки зрения этапов изучения каждой тематической единицы дисциплины, гибридная модель обучения предполагает переход от классической двухэтапной модели очного обучения к трехэтапной модели, то есть в двухэтапной модели сначала преподаватель предоставляет новый материал, а затем вне аудитории студент самостоятельно изучает и фиксирует рассматриваемый материал.

Трехэтапная модель предполагает:

- студент самостоятельно готовится к предстоящему очному курсу, в том числе к удаленному доступу с использованием учебного контента системы дистанционного обучения;
- очный курс-объяснение, обсуждение, практический курс, тестирование;
- вне аудитории – понимание, выполнение задач, обратная связь (синхронный чат, асинхронная электронная почта), онлайн-тестирование.

Если мы обратимся к Кронбергской декларации о будущем доступа к знаниям и их передаче [6], то ее прогнозы на следующие двадцать пять лет предусматривают, в частности, следующие факторы, которые важны для анализа:

Доступ к знаниям и их передача:

- учреждения должны уделять больше внимания развитию социальных и эмоциональных способностей и навыков, а также разработке более широких концепций обучения, основанных на моральных и этических ценностях;
- педагогу требуется постоянное профессиональное развитие, чтобы эффективно использовать новые технологии;
- свободный доступ к контенту и его свободное распространение, а также участие в создании такого контента будут ключевым фактором обеспечения равного доступа к знаниям и их передачи [3].

Таким образом, «смешанное обучение» – это система обучения, сочетающая очное, дистанционное и самостоятельное обучение, включая взаимодействие между преподавателями, студентами и интерактивными источниками информации, отражающими все компоненты, присущие образовательному процессу.

Компоненты подготовки преподавателей ВУЗов к работе в смешанной образовательной среде:

– мотивация – позитивное отношение будущих педагогов к использованию средств дистанционного обучения; стремление самосовершенствоваться в применении новых информационно-коммуникационных технологий; стремление овладеть современными методами и технологиями в смешанной образовательной среде, характеризующаяся ориентацией на эффективное осуществление учебного процесса; формирование внутреннего желания добиться успеха в решении нестандартных задач, связанных с условиями образовательного процесса;

– познание – система знаний, умений и навыков будущих педагогов, работающих в смешанной учебной среде, обладающих базовыми психолого-педагогическими и специальными знаниями, необходимыми для продуктивного использования различных интернет-сервисов и эффективного построения учебного процесса ЭОР и смешанного обучения, а также постоянного стремления к самосовершенствованию и накоплению педагогического опыта.

Таким образом, на основе теоретического анализа под понятием «смешанное обучение» мы понимаем систему обучения, сочетающую очное, дистанционное и самообучение, включающее взаимодействие между преподавателями, студентами и интерактивными источниками информации, отражающие все компоненты, присущие образовательному процессу (цели, содержание, методы, организационные формы, средства обучения).

Готовность преподавателя к работе в условиях смешанного обучения определяется как совокупность качеств человека, необходимых для эффективной работы в смешанной учебной среде; его концептуальные знания о сущности, условиях и методах осуществления смешанного учебного процесса; формирование необходимых качеств личности,

обеспечивающих профессиональное, добросовестное и творческое выполнение своих должностных обязанностей при работе в смешанной учебной среде.

Список литературы

1. Андреев А.А. Дидактические основы дистанционного обучения. – Москва: РАО, 2018. – 120 с.
2. Байбородова Л.В., Серебренников Л.Н. и [др.] Психолого-педагогическое сопровождение образовательной деятельности обучающихся. – Ярославль: Изд-во Канцлер, 2018. – 168 с.
3. Гуремин.а Н.В. Электронные образовательные информационные технологии как инструменты повышения профессионального мастерства педагога высшей школы // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 8-1. – С. 113-114.
4. Зыков.а Т.В., Кузнецов.а И.В. Синергия сетевого взаимодействия студентов в процессе освоения математических знаний // Ярославский педагогический вестник. – 2017. – № 5. – С. 95-102.
5. Краснова Т.И. Сопровождение и поддержка деятельности студентов в смешанном обучении // В мире научных открытий. – 2018. – № 1.1 (61). – С. 556-567.
6. Кронбергская декларация о будущем процессов приобретения и передачи знаний // Высшее образование сегодня. – 2017. – № 9. – С. 74-75.
7. Кузьмина, Т.В. Студент в среде e-Learning / Т.В. Кузьмина, Е.В. Тихомирова, Л.Ю. Гольдфарб, Н.Ю. Дворников. – М.: МЭСИ, 2018
8. Логинов.а А.В. Смешанное обучение: преимущества, ограничения и опасения // Молодой ученый. – 2019. – № 7. – С. 24-29.

9. Семенова И.Н., Слепухин А.В. Дидактический конструктор для проектирования моделей электронного, дистанционного и смешанного обучения в вузе // Педагогическое образование в России. – 2018. – № 8. – С. 68-74.

10. Сергеева Л.А. Сетевые сообщества студентов как средство формирования методической компетенции будущего педагога // Акмеология профессионального образования. Екатеринбург: Издательство РГППУ, 2020. – С. 381-384.

11. Сяпина Т.В. Формирование методической компетентности будущего учителя: на примере подготовки будущего учителя математики: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Комсомольск-на-Амуре, 2016.

12. Фомина А.С. Смешанное обучение в электронном распределенном университете // Ученые записки ИИО РАО. – М., 2018. – Вып. 34. – С. 82-88.

© Н.В. Горбунова, Е.В. Вовк, 2021

УСТОЙЧИВОСТЬ СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ ЗА ПРЕДЕЛОМ УПРУГОСТИ

Исмаилов Кубаймурат

доктор технических наук, профессор
Самаркандский Государственный
архитектурно-строительный институт

Аннотация: Нижняя граница потери устойчивости сжатого стержня за пределом упругости определяется теми значениями критических напряжений, которые удерживают стержень в состоянии бесконечно-малого изгиба, непосредственно следующего за моментом раздвоения его равновесной формы, т.е. за моментом бифуркации. Получены зависимости между критическими напряжениями и гибкостью сжатых стержней за пределом упругости при различных граничных условиях на их концах.

Ключевые слова: стержень, устойчивость, секущий, касательный, приведенный, модуль, диаграмм, гибкость.

STABILITY OF COMPRESSED RODS BEYOND THE ELASTIC LIMIT

Ismayilov K.

Abstract: The lower boundary of the resistance force of the bar beyond the elastic limit is determined by the values of the critical stresses that keep the bar in a state of infinitesimal bending, immediately after the moment of bifurcation of its equilibrium shape, i.e. after the moment of bifurcation. Obtained between the

critical stresses and the flexibility of compressed rods beyond the elastic limit under different boundary conditions at their ends.

Key words: rod, stability, secant, tangent, reduced, module, diagrams, flexibility.

Введение

При расчете конструкций на прочность часто приходится сталкиваться с явлением потери устойчивости. Явление потери устойчивости присуще не только сжатым стержням, но также тонким пластинам, оболочкам и вообще различным тонкостенным конструкциям из стержней, пластин и оболочек, широко применяемым в современной технике.

Потеря устойчивости приводит к разрушению конструкций. Поэтому определение величины критической нагрузки представляет собой практически важную задачу при проектировании. Актуальность ее особенно значительна для строительных конструкций и летательных аппаратов, где постоянно приходится стремиться к максимально возможному снижению веса, к созданию легких оптимальных форм конструкций с учетом прочности, жесткости, устойчивости.

Существуют различные способы определения критической нагрузки потери устойчивости для упругих систем из стержней, пластин и оболочек.

Одним из них, пожалуй, наиболее распространенным и возникшим еще в середине XVIII в., является метод Эйлера. Вторым способом определения критической нагрузки потери устойчивости является энергетический. В этом случае критическая нагрузка находится из условия минимума полной энергии системы для формы равновесия, возникающий при потере устойчивости упругой системы. Энергетический метод определения критической нагрузки позволяет относительно просто находить в общем случае приближенное значение этой нагрузки практически для любой

задачи. Он особенно полезен тогда, когда точное определение критической нагрузки методом Эйлера затруднительно вследствие сложности, а зачастую невозможности нахождения соответствующего дифференциального уравнения устойчивости.

Остановимся еще на динамическом методе определения критической нагрузки, также широко применяемом в настоящее время. Суть его в следующем. Для новой формы равновесия стержня составляются динамические уравнения движения и определяются частоты колебания системы в отклоненном состоянии. При малых значениях нагрузки колебания системы являются гармоническими и движение носит устойчивый характер. С увеличением нагрузки частота колебания системы будет изменяться. Критическая нагрузка потери устойчивости находится из условия перехода системы к периодическому движению, т.е к движению с нарастающей амплитудой. Впервые задачу об устойчивости стержня за пределом пропорциональности рассмотрел Энгессер [1] в предположении, что в момент потери устойчивости как догрузка одних волокон, так и разгрузка других происходит с единым касательным модулем. Нагрузка, вычисленная в таком предположении, получила название касательно-модульной. В дальнейшем Энгессер и Карман [2] решили эту же задачу, базируясь на другом предположении, считая, что разгрузка происходит по линейному закону, и ввели в рассмотрение так называемый приведенный модуль. Вычисленная таким способом нагрузка стала называться приведенно модульной. Ранняя работа Энгессера к этому времени была признана ошибочной. Тем не менее, расхождение теории с опытом продолжало сохраняться не в пользу новой теории, поскольку результаты эксперимента систематически давали более низкие значения критической нагрузки по сравнению с приведенно модульной, находясь в лучшем соответствии с касательно-модульной нагрузкой.

Дальнейшее развитие теория устойчивости за пределом упругости получила в работах Шенли [3], путем тщательно поставленного эксперимента установил, что искривление сжатого стержня начинается при касательно-модульной нагрузке. Принимая далее это положение в качестве постулата, автор делает теоретический анализ закритического поведения стержня при больших перемещениях и показывает, что приведено модульная нагрузка является асимптотой, которая достигается при бесконечно большом значении прогиба. Поскольку упомянутый анализ содержит в себе оба понятия о критической нагрузке, и касательно-модульную, и приведенно модульную, вопрос о законе разгрузки материала в момент потери устойчивости и после выхода этой работы остался открытым. Кроме перечисленных работ следует указать следующие исследования [5-20], авторами приведены решения многих задач связанные с устойчивости элементов конструкции.

1. Постановка задачи об устойчивости сжатого стержня за пределом упругости

За пределом упругости диаграмма сжатия материала, из которого изготовлен стержень, представляется некоторой кривой (рис.1). Положение произвольной точки M диаграммы σ – ε определяются углом α , тангенс которого представляет собой секущий модуль.

$$tg \alpha = \psi = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (1)$$

Рис. 1. Диаграмма сжатия материала

Для стали начальный участок OA представляет собой прямую, наклон которой определяется модулем упругости $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg} / \text{sm}^2$.

При разгрузке сжатого стресса в точке M зависимость между напряжением σ и деформацией ε , как показывают эксперименты, уже не определяются прямой линией MB , которая приблизительно параллельна начальному участку OA .

Однако вполне естественно предположить, что при разгрузке переход от криволинейного участка диаграммы, расположенного правее точки, M к наклонной прямой "MB", происходит плавно и, следовательно, точка M не является в этом случае особой точкой. Такой переход сопровождается на бесконечно - малом участке, расположенном левее M некоторой плавной кривой MC (рис.2).

Рис.2 Диаграмма сжатия материала и разгрузки

Таким образом, кривая MC и диаграмма $\sigma-\varepsilon$ должны иметь общую касательную. Это утверждение будет доказано ниже.

Возьмем на диаграмме $\sigma-\varepsilon$ две точки; точку 1, которая соответствует бесконечно - малому нагружению, и точку 2, лежащую на линии бесконечно - малой разгрузки (рис.3).

Рис. 3. Диаграмма сжатия материала с касательной I-I в точке М

Найдем для этих точек секущие модули ψ_1 и ψ_2 .

Секущий модуль ψ_1 есть тангенс угла наклона линии 01 к горизонту; он равен:

$$\psi_1 = tg \alpha_1 = \frac{\sigma + \Delta\sigma_1}{\varepsilon + \Delta\varepsilon_1} = \frac{\sigma \left(1 + \frac{\Delta\sigma_1}{\sigma}\right)}{\varepsilon \left[1 + \frac{\Delta\varepsilon_1}{\varepsilon}\right]} =$$

$$= \frac{\sigma}{\varepsilon} \left(1 + \frac{\Delta\sigma_1}{\sigma}\right) \left[1 - \frac{\Delta\varepsilon_1}{\varepsilon} + \left(\frac{\Delta\varepsilon_1}{\varepsilon}\right)^2 - \left(\frac{\Delta\varepsilon_1}{\varepsilon}\right)^3 + \dots\right].$$

Отбрасывая бесконечно - малые величины более высоких порядков по сравнению с единицей, получаем:

$$\psi_1 = \frac{\sigma}{\varepsilon} \left(1 + \frac{\Delta\sigma_1}{\sigma}\right) \left[1 - \frac{\Delta\varepsilon_1}{\varepsilon}\right] = \frac{\sigma}{\varepsilon} \left(1 + \frac{\Delta\sigma_1}{\sigma} - \frac{\Delta\varepsilon_1}{\varepsilon}\right).$$

Из рисунка 3 следует:

$$\Delta\sigma_1 = \Delta\varepsilon_1 tg \alpha_0 = E_k \Delta\varepsilon_1. \quad (2)$$

В этой формуле через E_k обозначен тангенс угла наклона касательной в точке "М" к горизонту; эта величина есть касательный модуль в точке М.

С учетом формулы (1) выражение для секущего модуля ψ_1 принимает вид:

$$\psi_1 = \psi_0 \left[1 - \frac{\Delta\varepsilon_1}{\varepsilon} \left(1 - \frac{E_k}{\psi}\right)\right]. \quad (3)$$

Аналогично определяем секущий модуль ψ_2 :

$$\begin{aligned}\psi_2 = tq\alpha_2 &= \frac{\sigma - \Delta\sigma_2}{\varepsilon - \Delta\varepsilon_2} = \frac{\sigma \left(1 - \frac{\Delta\sigma_2}{\sigma}\right)}{\varepsilon \left[1 - \frac{\Delta\varepsilon_2}{\varepsilon}\right]} = \\ &= \frac{\sigma}{\varepsilon} \left(1 - \frac{\Delta\sigma_2}{\sigma}\right) \left[1 + \frac{\Delta\varepsilon_1}{\varepsilon} + \left(\frac{\Delta\varepsilon_1}{\varepsilon}\right)^2 + \left(\frac{\Delta\varepsilon_1}{\varepsilon}\right)^3 + \dots\right].\end{aligned}$$

или

$$\psi_2 = \frac{\sigma}{\varepsilon} \left(1 - \frac{\Delta\sigma_2}{\sigma}\right) \left[1 + \frac{\Delta\varepsilon_2}{\varepsilon}\right] = \frac{\sigma}{\varepsilon} \left(1 - \frac{\Delta\sigma_2}{\sigma} + \frac{\Delta\varepsilon_2}{\varepsilon}\right).$$

С учетом формулы (1) получаем:

$$\psi_2 = \psi_0 \left[1 + \frac{\Delta\varepsilon_2}{\varepsilon} \left(1 - \frac{E_k}{\psi}\right)\right]. \quad (4)$$

Формулы (3) и (4) показывают, что секущий модуль на участке бесконечно - малого нагружения (правее точки M) уменьшается по сравнению с секущим модулем ψ , относящемся к точке M , а на участке бесконечно - малой разгрузки (левее точки M) он увеличивается.

Будем считать, что при центральном сжатии прямолинейного стержня точка M_0 на диаграмме сжатия, $\sigma-\varepsilon$ является критической, т. е точкой разветвления (бифуркации) равновесных состояний стержня. Другими словами, напряжение и деформация в этой точке достигают таких пределов, при которых стержень теряет устойчивость первого рода; его прямолинейное равновесное состояние может перейти в криволинейное равновесное состояние.

Предположим, что разветвление равновесных состояний произошло и стержень находится в состоянии бесконечно - малого изгиба. Ось стержня

искривляется по кривой, бесконечно - малую кривизну которой обозначим через $\Delta\chi$.

Будем считать, что поперечное сечение стержня симметрично относительно вертикальной центральной оси z (рис.4).

Оставляя в силе гипотезу плоских сечений получаем закон изменения продольных деформаций, вызванных изгибом, в виде двух треугольников; деформации в сжатой зоне считаем положительными. Для определенности будем предполагать, что стержень изогнулся выпуклостью вниз, тогда бесконечно малая кривизна будет связаны с функцией бесконечно - малых прогибов Δw формулой:

$$\Delta\chi = \frac{d^2\Delta w}{dx^2} > 0, \quad (5)$$

при этом ось x совпадает с осью стержня.

Подставляя величину продольной деформации $\Delta\chi \cdot z$ место деформаций $\Delta\varepsilon_1$ и $\Delta\varepsilon_2$ формулы (3) и (4) получаем выражение для секущего модуля точек поперечного сечения в виде одной обобщенной формулы:

$$\psi = \psi_0 \left[1 + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} z \left(1 - \frac{E_k}{\psi_0} \right) \right]. \quad (6)$$

Рис. 4. Поперечное сечение стержня

Здесь через ψ_0 обозначен секущий модуль критической точки точка M_0 , через ε_0 обозначена деформация, отвечающая этой точке (рис.5), при этом:

$$\psi_0 = \operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0}; \quad \sigma_0 = \psi_0 \varepsilon_0. \quad (7)$$

Рис. 5. К определению секущего и касательного модуля

Так как кривизна $\Delta\chi$, на основании (5), является величиной положительной, то секущие модули точек поперечного сечения в сжатой зоне с увеличением координаты z уменьшается (величина $\Delta\chi \cdot z$ в сжатой зоне отрицательна), а в точках растянутой зоны, в точках разгрузки, величина $\Delta\chi \cdot z$ делается положительной и секущий модуль увеличится.

Полная продольная деформация ε и полное нормальное напряжение σ , в сжатом стержне, который перешел в состояние бесконечно - малого изгиба, определяются выражениями:

$$\varepsilon_0 = \varepsilon_0 - \Delta\chi z. \quad (8)$$

$$\sigma = \psi\varepsilon = \psi(\varepsilon_0 - \Delta\chi z). \quad (9)$$

при этом деформация сжатия ε_0 считается положительной.

Соотношения (6), (8) и (9) являются основными при исследовании вопроса об устойчивости сжатого стержня за пределом упругости.

2. Уравнение устойчивости

При бесконечно - малом изгибе сжатого стержня за пределом упругости в каждом его сечении действуют внешний изгибающий момент ΔM_0 , внешняя осевая сжимающая сила F , внутренний изгибающий момент ΔM и внутренняя продольная сила N . Перечисленные силовые факторы находятся в равновесии и определяются формулами:

$$\Delta M_0 = F\Delta w. \quad (10)$$

$$\Delta M = \int_A \sigma z dA = \int_A \psi \varepsilon z dA. \quad (11)$$

$$N = \int_A \sigma dA = \int_A \psi \varepsilon dA. \quad (12)$$

Подставляя в формулы (11) и (12) значение деформации (8) получаем для продольной силы N и изгибающего момента ΔM зависимости:

$$N = \varepsilon_0 I_1 - \Delta\chi I_2. \quad (13)$$

$$\Delta M = \varepsilon_0 I_2 - \Delta\chi I_3. \quad (14)$$

где

$$I_1 = \int_A \psi dA; I_2 = \int_A \psi z dA; I_3 = \int_A \psi z^2 dA. \quad (15)$$

Функции $I_1; I_2; I_3$ введены в теории пластичности А.А.Ильюшиным [4].

I_1 -представляет собой жесткость стержня на растяжение - сжатие; I_2 - характеризует жесткость стержня на изгиб; I_3 - является смешанной жесткостью. Для линейно - упругого материала секущий модуль по высоте поперечного сечения постоянен и равен модулю упругости E ; жесткости (15) для стержня из линейно - упругого материала принимают значения:

$$I_1 = EA; I_2 = 0; I_3 = EI_y,$$

где I_y - момент инерции поперечного сечения стержня.

Для рассматриваемого бесконечно - малого изгиба стержня функция ψ , находящаяся под интегралами (15), определяется по формуле (6). На рис.6 показан график изменения этой функции по высоте поперечного сечения стержня. График представляет трапецию $ABCD$. Боковые стороны трапеции равны:

$$BC = \psi_0 \left[1 + \frac{\Delta\chi h_1}{\varepsilon_0} \left(1 - \frac{E_k}{\psi_0} \right) \right]; \quad (h < 0).$$

$$AD = \psi_0 \left[1 + \frac{\Delta\chi h_2}{\varepsilon_0} \left(1 - \frac{E_k}{\psi_0} \right) \right]; \quad (h > 0).$$

Бесконечно малая кривизна $\Delta\chi$ в рассматриваемом поперечном сечении является константой и считается положительной величиной.

Рис. 6. График изменения секущего модуля по высоте поперечного сечения стержня

Подставляя функцию ψ , определяемую по формуле (6) в (15) записываем выражения для жесткостей I_1 ; I_2 ; I_3 :

$$I_1 = \int_A \psi dA = \psi_0 \int_A \left[1 + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} z \left(1 - \frac{E_k}{\psi_0} \right) \right] dA = \psi_0 A + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} (\psi_0 - E_k) \int_A z dA.$$

Интеграл в правой части представляет статический момент поперечного сечения относительно нейтральной оси, которая совпадает с центральной осью y ; следовательно этот интеграл равен нулю и для I_1 получаем формулу:

$$I_1 = \psi_0 A. \quad (16)$$

$$I_2 = \int_A \psi z dA = \psi_0 \int_A \left[1 + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} z \left(1 - \frac{E_k}{\psi_0} \right) \right] z dA = \psi_0 \int_A z dA + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} (\psi_0 - E_k) \int_A z^2 dA.$$

Первый интеграл в правой части есть статический момент относительно центральной оси y , как указывалось выше, равен нулю; второй интеграл представляет собой момент инерции поперечного сечения I_y . Формула для I_2 принимает вид:

$$I_2 = \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0}(\psi_0 - E_k)I_y. \quad (17)$$

Так как бесконечно - малая кривизна $\Delta\chi > 0$, то жесткость I_2 является величиной положительной:

$$\begin{aligned} I_3 &= \int_A \psi z^2 dA = \psi_0 \int_A \left[1 + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} z \left(1 - \frac{E_k}{\psi_0} \right) \right] z^2 dA = \\ &= \psi_0 \int_A z^2 dA + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} (\psi_0 - E_k) \int_A z^3 dA. \end{aligned}$$

Первый интеграл в правой части есть момент инерции поперечного сечения I_y ; второй интеграл представляет новую геометрическую характеристику поперечного сечения, которую обозначим через $\bar{S}$. Эта величина относительно центральной оси y по видимому, как и статический момент, равен нулю.

Таким образом:

$$I_3 = \psi_0 I_y + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} (\psi_0 - E_k) \bar{S}. \quad (18)$$

Внося выражения жесткостей (15), (16) и (18) в формулы (13) и (14) получаем формулы для продольной силы N в любом поперечном сечении стержня.

Продольная сила равна:

$$N = \varepsilon_0 I_1 - \Delta\chi I_2 = \varepsilon_0 \psi_0 A + \frac{\Delta\chi^2}{\varepsilon_0} (\psi_0 - E_k) I_y.$$

Величина $\Delta\chi^2$ имеет более высокий порядок малости, чем бесконечно - малая кривизна $\Delta\chi$, и поэтому последний член может быть отброшен; тогда:

$$N = \varepsilon_0 \psi_0 A = \sigma_0 A = F_0. \quad (19)$$

Следовательно, продольная сила N в любом поперечном сечении стержня, уравнивается сжимающей силой F_0 , которая для рассматриваемого равновесного состояния принимает критическое значение.

Записываем выражение бесконечно - малого изгибающего момента ΔM , пользуясь (14):

$$\begin{aligned} \Delta M = \Delta\chi I_3 - \varepsilon_0 I_2 = \Delta\chi \left[\psi_0 I_y + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} (\psi_0 - E_k) \bar{S} \right] - \\ - \varepsilon_0 \left[\frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} (\psi_0 - E_k) \right] I_y = \Delta\chi \psi_0 I_y + \frac{\Delta\chi^2}{\varepsilon_0} (\psi_0 - E_k) \bar{S} - \Delta\chi (\psi_0 - E_k) I_y. \end{aligned} \quad (20)$$

Средний член этого выражения может быть отброшен; в результате получается формула для ΔM :

$$\Delta M = \Delta\chi E_k I_y. \quad (21)$$

Внутренний бесконечно малый изгибающий момент ΔM уравнивается внешним изгибающим моментом.

Для определенности будем считать, что сжимаемый за пределом упругости стержень шарнирно - оперт (рис.7); во время потери устойчивости (момент бифуркации) он получает бесконечно - малую функцию прогибов Δw .

**Рис.7. Шарнирно-опертый центрально сжатый стержень
постоянного сечения**

Сжимающая сила F_0 , величина которой достигла критического значения, дает в произвольном сечении x стержня изгибающий момент $F_0 \Delta w$. В соответствии с формулой (19) записываем уравнение устойчивости, совпадающее по своей форме с уравнением устойчивости Эйлера:

$$\frac{d^2 \Delta w}{dx^2} E_k I_y = -F_0 \Delta w.$$

Знак минус в правой части принят потому, что вторая производная $\frac{d^2 \Delta w}{dx^2}$ является отрицательной величиной, если балка - стержень изгибается выпуклостью вниз и ось прогибов w также направлена вниз.

С учетом этого замечания уравнение устойчивости принимает вид:

$$\frac{d^2 \Delta w}{dx^2} E_k I_y + F_0 \Delta w = 0. \quad (22)$$

Вывод этого уравнения опирается на условие, что при потере устойчивости за пределом упругости, когда изгиб стержня характеризуется бесконечно - малыми прогибами, секущий модуль в волокнах поперечного сечения является величиной переменной, определяемый по формуле (6). Если предположить, что этот модуль является величиной постоянной, как это имеет место для линейно - упругого материала, тогда жесткость I_2 равна нулю и уравнение (20) принимает вид:

$$\Delta M = \Delta \chi I_3 = \Delta \chi \psi_0 I_y,$$

и уравнение устойчивости переходит в уравнение, аналогичное уравнению (22):

$$\frac{d^2 \Delta w}{dx^2} \psi_0 I_y + F_0 \Delta w = 0. \quad (23)$$

В уравнении (23) секущий модуль ψ_0 значительно больше касательного E_k и поэтому критическая сила F_0 , получаемая из этого уравнения, значительно больше соответствующей критической силы, которая следует из полученного в настоящей работе уравнения (22).

На то обстоятельство, что при определении критической силы в сжатом стержне за пределом упругости, следует заменить обычный модуль упругости E (который входит в состав уравнения устойчивости Эйлера) на касательный модуль E_k указал Ф. Энгессер в 1889 г. Однако критические замечания по этому поводу со стороны таких крупных ученых, как Карман, Саусвелл и другие, поставили под сомнение указанное предложение Энгессера.

Сущность критических замечаний сводилась к тому, что при потере устойчивости стержня за пределом упругости, в зоне разгрузки надо вводить в рассмотрение не касательный модуль, а обычный E , так как разгрузка идет по линии MB (рис.1), которая, как показывают эксперименты, параллельна

ОА, представляющей зависимость между напряжением и деформацией в линейно - упругом теле.

Таким образом, возражения против предложения Энгессера сводились к тому, что при рассмотрении устойчивости стержня за пределом упругости надо вводить двухмодульную модель для материала стержня. На необходимость принимать во внимание наличие двух модулей указывал также Ф. С. Ясинский.

В результате указанных возражений Ф.Энгессера с критическими замечаниями согласился и в теории устойчивости сжатых стержней за пределом упругости считалась правильной двухмодульная модель Т.Кармана.

Однако в 1947 г. была опубликована так называемая концепция Ф.Р.Шенли, согласно которой в момент потери устойчивости сжатого стержня за пределом упругости, при бесконечно - малом его искривлении и продолжающемся процессе нагружения, полная разгрузка в сечении стержня совершится не успевает и поэтому можно считать, что в этих условиях в поперечном сечении имеет место один касательный модуль E_k . Концепция Ф.Р.Шенли возвращает вопрос к исходному предложению Ф.Энгессера.

Таким образом, авторитетные ученые в области устойчивости сжатых стержней за пределом упругости, Т.Карман, Р.Саусвелла, Ф.С.Ясинский, с которыми был согласен и С.П. Тимошенко исходят из того, что критическая точка M_0 на диаграмме сжатия $\sigma - \varepsilon$ является в момент потери устойчивости особой точкой и касательная M_0-1 переходит в прямую M_0-2 не плавно, а посредством излома, т. е материал стержня с самого начала выпучивания ведет себя как двухмодульный (рис. 8).

Рис. 8. Диаграмма сжатия двухмодульного материала стержня

Ниже делается попытка доказать теоретически, на основе теории малых упруго - пластических деформации А.А.Ильюшина, что излом касательной в точке M_0 невозможен.

3. О потере устойчивости сжатого стержня за пределом упругости по схеме двухмодульного материала

Будем считать, что при бесконечно- малом изгибе стержня (в момент бифуркации) разгрузка происходит по прямой M_0-2 , параллельной касательной OA , относящейся к начальной точке диаграммы $\sigma-\varepsilon$; следовательно, происходит мгновенный перелом касательной $I-I$ (рис.8). В такой постановке вопроса об устойчивости стержня его материал является двухмодульным; в зоне догрузки его модуль является касательным E_k , а в зоне разгрузки его обозначим через E , при этом $E > E_k$.

Секущий модуль ψ_1 в зоне догрузки по прежнему определяется формулой (6), а секущий модуль ψ_2 , относящийся к зоне разгрузки, будет определяться этой же формулой, если модуль E_k заменить на E :

$$\psi_2 = \psi_0 \left[1 - \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} z \left(1 - \frac{E}{\psi_0} \right) \right]. \quad (24)$$

Рис. 9. График изменения секущих модулей

Так как модуль E больше секущего модуля критической точки M_0 , равного $\psi_0 = tg \alpha_0$ (рис.8), то секущий модуль ψ_2 будет меньше ψ_0 и, следовательно, для двухмодульного материала секущий модуль в зоне разгрузки также уменьшается, как и в зоне догрузки (рис.9); при плавном переходе прямой $M_0 - 1$ в положение $M_0 - 2$, как было показано выше, в зоне разгрузки секущий модуль ψ_2 был больше ψ_0 (рис.6). Следует помнить, что в формулах (6) и (24), по которым определяются модули ψ_1 и ψ_2 ,

бесконечно - малая изгибная деформация $\Delta\chi = -\frac{d^2\Delta w}{dx^2}$ является величиной положительной.

Для дальнейших выкладок целесообразно формулу (24) представить в виде:

$$\psi_2 = \psi_0 \left[1 + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon} z \left(1 - \frac{E_k}{\psi_0} \right) \right] - \frac{\Delta\chi}{\varepsilon} z E^*. \quad (25)$$

где $E^* = E - E_k$,

Записываем формулы для жесткостей $I_1; I_2; I_3$. Так как нейтральная ось в рассматриваемом случае двухмодульного материала не совпадает с центральной осью y_1 , при этом секущие модули ψ_1 и ψ_2 определяется разными зависимостями (рис.9), то выражения для жесткостей приходится записывать отдельно по зонам:

$$\begin{aligned} I_1 = \int_A \psi dA = \int_{A_1} \psi_1 dA + \int_{A_2} \psi_2 dA = \psi_0 \int_{A_1} \left[1 + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} z \left(1 - \frac{E_k}{\psi_0} \right) \right] dA + \\ + \psi_0 \int_{A_2} \left[1 + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} z \left(1 - \frac{E_k}{\psi_0} \right) \right] dA - \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} E^* \int_{A_2} z dA. \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} I_1 = \psi_0 \int_A \left[1 + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} z \left(1 - \frac{E_k}{\psi_0} \right) \right] dA - \\ - \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} E^* \int_{A_2} z dA = \psi_0 A + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} (\psi_0 - E_k) \int_A z dA - \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} E^* \int_{A_2} z dA. \end{aligned}$$

Первый интеграл в правой части этого выражения представляет статический момент S поперечного сечения относительно нейтральной оси, которая не совпадает с центральной осью; он не равен нулю.

Второй интеграл в правой части представляет статический момент нижней (второй) части сечения (рис.9) относительно нейтральной оси; обозначим его через S_2 :

$$S_2 = \int_{A_2} z dA. \quad (26)$$

Формула для жесткости I_1 принимает вид:

$$I_1 = \psi_0 A + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} (\psi_0 - E_k) S - \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} E^* S_2. \quad (27)$$

Для жесткости I_2 имеем выражение:

$$\begin{aligned} I_2 = \int_A \psi z dA = & \psi_0 \int_{A_1} \left[1 + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} z \left(1 - \frac{E_k}{\psi_0} \right) \right] z dA + \\ & + \psi_0 \int_{A_2} \left[1 + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} z \left(1 - \frac{E_k}{\psi_0} \right) \right] z dA - \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} E^* \int_{A_2} z^2 dA, \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} I_2 = \psi_0 \int_A \left[1 + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} z \left(1 - \frac{E_k}{\psi_0} \right) \right] z dA - \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} E^* \int_{A_2} z^2 dA = \\ = \int_A z dA + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} (\psi_0 - E_k) \int_A z^2 dA - \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} E^* \int_{A_2} z^2 dA. \end{aligned}$$

Первый интеграл в правой части, как указывалось, есть статический момент S поперечного сечения относительно нейтральной оси; второй интеграл представляет собой момент инерции I_y поперечного сечения относительно нейтральной оси; третий интеграл является моментом инерции нижней (второй) части поперечного сечения; его обозначим через B_2 :

$$B_2 = \int_{A_2} z^2 dA. \quad (28)$$

Формула для жесткости I_2 принимает вид:

$$I_2 = \psi_0 S + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} (\psi_0 - E_k) I_y - \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} E^* B_2. \quad (29)$$

Записываем выражение для жесткости I_3 :

$$\begin{aligned} I_3 &= \int_A \psi z^2 dA = \psi_0 \int_{A_1} \left[1 + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} z \left(1 - \frac{E_k}{\psi_0} \right) \right] z^2 dA + \\ &+ \psi_0 \int_{A_2} \left[1 + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} z \left(1 - \frac{E_k}{\psi_0} \right) \right] z^2 dA - \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} E^* \int_{A_2} z^3 dA = \\ &= \psi_0 \int_A z^2 dA + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} (\psi_0 - E_k) \int_A z^3 dA - \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} E^* \int_{A_2} z^3 dA. \end{aligned}$$

Первый интеграл в правой части есть момент инерции I_y поперечного сечения относительно нейтральной оси; второй и третий интегралы представляют собой новые геометрические характеристики поперечного сечения, которые относительно координаты z имеют более высокий порядок, чем момент инерции плоского сечения. Эти новые геометрические характеристики сечения обозначим через C :

$$C = \int_A z^3 dA, \quad C_2 = \int_{A_2} z^3 dA. \quad (30)$$

Формула для жесткости I_3 принимает вид:

$$I_3 = \psi_0 I_y + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} (\psi_0 - E_k) C - \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} E^* C_2. \quad (31)$$

Раскрываем основное уравнение (14) для определения бесконечно - малого внутреннего изгибающего момента:

$$\begin{aligned} \Delta M &= -\Delta\chi I_3 + \varepsilon_0 I_2 = -\Delta\chi \left[\psi_0 I_y + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} (\psi_0 - E_k) C - \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} E_k C_2 \right] + \\ &+ \varepsilon_0 \left[\psi_0 S + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} (\psi_0 - E_k) I_y - \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} E^* B_2 \right], \end{aligned}$$

или

$$\Delta M = -\Delta\chi E_k I_y + \varepsilon_0 \psi_0 S - \frac{(\Delta\chi)^2}{\varepsilon_0} [(\psi_0 - E_k) C - E^* C_2] - \Delta\chi E^* B_2. \quad (32)$$

Так как статический момент S , который берется относительно нейтральной оси, является конечной величиной, то и средний член в правой части формулы (32) равный $\varepsilon_0 \psi_0 S$ является также величиной конечной. То тогда уравнение (32) невозможно, потому что остальные члены этого уравнения есть величины бесконечно - малые. Поэтому необходимо считать статический момент S величиной бесконечно - малой, т. е считать, что нейтральная ось y сливается с центральной осью сечения y_1 (рис.9).

Следовательно, точка M_0 на диаграмме сжатия (рис.8) не является особой и касательная $I-I$ переходит в положение M_0-2 плавно, не ломаясь.

При бесконечно - малом изгибе стержня касательная $I-I$ остается общей как для зоны догрузки I так и для зоны разгрузки II (рис.3.9). Это возможно только в том случае, если предположить, его материал является одно модульным.

К тому же выводу можно прийти, если рассмотреть в условиях двухмодульного материала выражение (13) для продольной силы N .

Подставляя в (13) выражения для жесткостей (27) и (29) имеем:

$$N = \varepsilon_0 I_1 - \Delta\chi I_2 = \varepsilon_0 \left[\psi_0 A + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} (\psi_0 - E_k) S - \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} E^* S_2 \right] - \\ - \Delta\chi \left[\psi_0 S + \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} (\psi_0 - E_k) I_y - \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} E_k B_2 \right],$$

или

$$N = \varepsilon_0 \psi_0 A - \frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0} (E_k S + E^* S_2) - \frac{\Delta\chi^2}{\varepsilon_0} [(\psi_0 - E_k) I_y - E^* B_2] \quad (33)$$

Первый член в правой части $\varepsilon_0 \psi_0 A = \sigma_0 A$ равен внешней сжимающей силе F и ею уравнивается, последний член может быть отброшен, так как является бесконечно - малой величиной более высокого порядка, чем

остальные члены в форме (33); средний член $\frac{\Delta\chi}{\varepsilon_0}(E_k S + E^* S_2)$ из условия равновесия должен быть равен нулю.

Это возможно, если положить:

$$S = 0; \quad E^* = E - E_k = 0. \quad (34)$$

Первое условие требует, чтобы нейтральная ось поперечного сечения y совпала с центральной осью y_1 (рис.9); второе условие будет выполнено в том случае, если в начальной стадии бифуркации равновесных состояний, при бесконечно - малом изгибе стержня, при разгрузке, в поперечном сечении будет иметь место один модуль E_k .

4. Критические деформации и критические напряжения в сжатом стержне за пределом упругости

Уравнение устойчивости (22) является основным при определении значения критической силы F_0 , когда стержень получает бесконечно - малое искривление.

По форме это уравнение полностью совпадает с уравнением устойчивости Эйлера.

Его интегрирование хорошо известно и, как показывается в курсах сопротивления материалов, значение критической силы с учетом основных видов закрепления стержня выражается обобщенной формулой:

$$F_0 = \frac{\pi^2 E_k I_y}{(\lambda \ell)^2}. \quad (25)$$

В формулах Эйлера вместо E_k стоит модуль упругости E , который является постоянной величиной. Касательный модуль E_k , который меняется с изменением сжимающей силы F_0 , определяется формулой:

$$E_k = \frac{d\Phi(\varepsilon)}{d\varepsilon}, \quad (26)$$

где функция $\Phi(\varepsilon)$ представляет зависимость между напряжением σ и деформацией ε при сжатии стержня за пределом упругости, так что:

$$\sigma = \Phi(\varepsilon). \quad (27)$$

Функция (27) полностью определяется характером диаграммы σ – ε , получаемой при сжатии образца материала.

Разделив левую и правую часть формулы (25) на площадь поперечного сечения стержня A , получим выражение для критического напряжения:

$$\sigma_0 = \frac{\pi^2 E_k}{\lambda^2}, \quad (28)$$

где через λ обозначена гибкость стержня, определяемая известными соотношениями:

$$\lambda = \frac{\mu \ell}{i_{\min}}; \quad i_{\min} = \sqrt{I_y^{\min} / A}, \quad (29)$$

где μ - коэффициент, зависящий от граничных условий закрепления; $i_{\min}$ - минимальной радиус инерции поперечного сечения.

Определение значения критической силы F_0 и критического напряжения σ_0 на оснований (25), (27) и (28) сводится к определению критической деформации из уравнения:

$$\frac{\Phi(\varepsilon)}{\frac{d\Phi}{d\varepsilon}} = \frac{\pi^2}{\lambda^2}. \quad (30)$$

Как известно, в линейно - упругом теле, критическая деформация постоянна для всех материалов и равна:

$$\varepsilon_{cr} = \frac{\pi^2}{\lambda^2}. \quad (31)$$

При потери устойчивости стержня за пределом упругости она определяется из нелинейного алгебраического уравнения (30).

Чтобы построить графически зависимость между критической деформацией и гибкостью стержня удобнее пользоваться соотношением, получаемым из (30):

$$\lambda^2 = \frac{\pi^2 \frac{d\Phi}{d\varepsilon}}{\Phi(\varepsilon)}. \quad (32)$$

В формуле (32) следует задаваться критической деформацией ε_0 и затем определять гибкость стержня λ .

5. Критические деформации и критические напряжения в стальном стержне при линейном упрочнении

Рассмотрим вопросы устойчивости стержня из стали при условии линейного упрочнения материала за пределом упругости.

Для стали диаграмма сжатия в начальной стадии почти совпадает с диаграммой растяжения, а в дальнейшем, с ростом деформаций, располагается несколько выше диаграммы растяжения.

Чтобы не усложнять рассмотрения вопроса, будем считать, что диаграммы растяжения и сжатия совпадают вплоть до временного сопротивления.

На рис.10 пунктиром показана примерная диаграмма растяжения образца из стали [188].

Заменяя диаграмму на участке AB диаграммой с линейным упрочнением в виде наклонной прямой получаем значение для модуля упрочнения или касательного модуля:

$$E_k = \operatorname{tg} \beta = \frac{2400}{0,169} = 14201 \text{ kg} / \text{sm}^2.$$

Рис. 10. Диаграмма растяжения сжатия строительной стали

В точках A и B диаграммы линия AB сопрягается с нижней и верхней ее частями скачкообразно, поэтому у этих точек надо ввести участки плавного перехода в виде дуги окружности.

С этой целью вертикальную ось σ заменим безразмерной осью $\varphi = \sigma / \sigma_{adm}$, где σ_{adm} - предел текучести (рис.11).

Рис. 11. Диаграмма растяжения сжатия стержня в безразмерных координатах

На рис.12 показана окружность по дуге которой 1-2 происходит плавный переход линии ОА в положение линии упрочнения АВ. Окружность, отнесенная к системе координат xoy описывается уравнением:

$$x^2 + y^2 - r^2 = 0. \quad (33)$$

Рис. 12. График плавного перехода прямых наклонных линии

Точки 1 и 2 расположенные на окружности, характеризуются углами α_1 и α_2 под которым наклонены касательные в этих точках:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha_1 = E_1 = \frac{\varphi_{adm}}{\varepsilon_{adm}} = \frac{1,000}{0,001} = 1000; \\ (\alpha_1 = 98,94^\circ) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha_2 = E_2 = \frac{\varphi_u - \varphi_{adm}}{\varepsilon_u - \varepsilon_{adm}} = \frac{1,143}{0,169} = 6,7633; \\ (\alpha_2 = 81,6^\circ) \end{aligned}$$

Координаты точек будут:

$$\begin{aligned} x_1 = -\frac{rE_1}{\sqrt{1+E_1^2}} = -\frac{1000r}{\sqrt{1+1000^2}} = -0,99999995r; \\ y_1 = \frac{r}{\sqrt{1+E_1^2}} = \frac{r}{\sqrt{1+1000^2}} = 0,99999995 \cdot 10^{-3}r. \end{aligned} \quad (34)$$

$$\begin{aligned} x_2 = -\frac{rE_2}{\sqrt{1+E_2^2}} = -\frac{6,7633r}{\sqrt{1+6,7633^2}} = -0,989925r; \\ y_2 = \frac{r}{\sqrt{1+E_2^2}} = \frac{r}{\sqrt{1+6,7633^2}} = 0,14627r. \end{aligned} \quad (35)$$

Переходим от системы координат x, y к системе ε, φ :

$$\begin{aligned} x = x_1 + (\varepsilon - \varepsilon_{adm}), \quad (x_1 < 0), \quad (x < 0); \\ y = y_1 + (\varphi - \varphi_{adm}) \end{aligned} \quad (36)$$

С учетом соотношения (36) уравнение окружности (33) переходит в уравнение:

$$\varphi^2 - 2(\varphi_{adm} - y_1)\varphi + \varepsilon^2 - 2(\varepsilon_{adm} - x_1)\varepsilon + \varphi_{adm}^2 - 2\varphi_{adm}y_1 + \varepsilon_{adm}^2 - 2\varepsilon_{adm}x_1 = 0. \quad (37)$$

Из этого уравнения получаем первую производную от φ по ε , которая дает углы наклона касательных на дуге 1 - 2 (рис.3.12):

$$\frac{d\varphi}{d\varepsilon} = \frac{\varepsilon - (\varepsilon_{adm} - x_1)}{\varphi - (\varphi_{adm} - y_1)}. \quad (38)$$

Подставляя в (38) формулы (2.5.4) имеем:

$$\frac{d\varphi}{d\varepsilon} = -\frac{x}{y} = \frac{dy}{dx}. \quad (39)$$

Значение (34) указывает на то, что координаты точки 1, лежащей на дуге 1 - 2, могут быть приняты равными:

$$x_1 = -r; \quad y_1 = 0. \quad (40)$$

Чтобы окончательно построить дугу 1 - 2 надо задаваться значением радиуса окружности “ r ” (рис.12). Будем считать, что $r = -\varepsilon_{adm} = 0,001$, то тогда уравнения (37) и (38) упрощаются и принимают вид ($\varphi_{adm} = 1$):

$$\varphi^2 - 2\varphi + \varepsilon^2 - 4\varepsilon_{adm}\varepsilon + 3\varepsilon_{adm}^2 + 1 = 0. \quad (41)$$

$$\frac{d\varphi}{d\varepsilon} = -\frac{\varepsilon - 2\varepsilon_{adm}}{\varphi - 1} = -\frac{x}{y}. \quad (42)$$

Переходя к вертикальной оси $\sigma = \sigma_{adm}\varphi$ из (42) для дуги 1 - 2 получаем:

$$\frac{d\varphi}{d\varepsilon} = -\frac{\varepsilon - 2\varepsilon_{adm}}{\varphi - 1} \sigma_{adm} = -\frac{x}{y} \sigma_{adm}, \quad (43)$$

при этом

$$x^2 + y^2 = \varepsilon_{adm}^2 \quad (44)$$

Находим длину участка 1 - 3, на который опирается дуга 1 - 2 (рис.12):

$$x_2 - x_1 = -0,98925 \varepsilon_{adm} + \varepsilon_{adm} = 0,0108 \varepsilon_{adm}.$$

Высота дуги на основании (35) и (40):

$$y_2 - y_1 = 0,1463 \varepsilon_{adm}.$$

Дуга 1-2, разделенная на 5 участков, показана на рис.13,а). В таблице 1 приводятся значения тангенсов угла наклона касательных в точках 1, 4, 5, 6, 7, 2.

В последнем столбце таблицы 1 приводятся значения касательного модуля на дуге сопряжения $\sigma-\varepsilon$ с линейным упрочнением, показанной на рис.10.

Таблица 1

N точек	$-x_k/\varepsilon_{adm}$	y_k/ε_{adm}	$tg\alpha_k$	E_k
1	0,9999995	$0,9999995 \times 10^{-3}$	1000	2100000
4	0,99784	0,06569	15,1901	31899
5	0,99568	0,09285	10,7235	22519
6	0,99352	0,11366	8,7412	18357
7	0,99135	0,13117	7,5578	15871
2	0,98925	0,14627	6,7632	14201

Эти значения подсчитаны на основании формулы:

$$\frac{d\sigma}{d\varepsilon} = E_k = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \sigma_{adm}$$

т.е. посредством умножения результатов, приводимых в строке для $tg\alpha_k$ на $\sigma_{adm} = 2100 \text{ kg} / \text{sm}^2$.

Высота дуги сопряжения 1 - 2, показанной на рис.13,а), применительно к диаграмме $\sigma-\varepsilon$, должна быть увеличена в 2100 раз и будет равна $0,1463 \cdot 0,001 \cdot 2100 = 3,07 \text{ kg} / \text{sm}^2$, горизонтальной масштаб рисунка 13,а) не изменяется.

Рис. 13. Дуга перехода

Построим дуги сопряжения наклонной линии AB (рис.12) с горизонтальной касательной в точке B ; эта дуга $2-B$, расположенная на окружности радиуса $r = \varepsilon_{adm}$, показана на рис.13,б). Она разделена на 5 частей.

В таблице 2 приводятся значения тангенсов угла наклона касательных в точках 2, 3, 4, 5, 6, B .

В последнем столбце таблицы 2 приводятся значения касательных модулей на дуге сопряжения действительной диаграммы $\sigma-\varepsilon$ (рис.10) у точки “В”; они получены посредством умножения величины $tg\alpha_k$ на $\sigma_{adm} = 2100 \text{ kg} / \text{sm}^2$.

Таблица 2

№ точек	$-x_k/\varepsilon_{adm}$	y_k/ε_{adm}	$tg\alpha_k$	E_k
1	0,98925	0,14627	6,7632	14201
4	0,7914	0,6113	1,2946	2719
5	0,5936	0,8048	0,7375	1549
6	0,3957	0,9184	0,64308	905
7	0,1979	0,9802	0,2018	424
2	0	1	0	0

При линейном упрочнении материала за пределом упругости формула (32), связывающая гибкость стержня и критические деформации, может быть записана через критические напряжения:

$$\lambda^2 = \frac{\pi^2 E_k}{\sigma}. \quad (45)$$

При этом напряжения σ связаны с деформациями ε , в соответствии с рис.10, зависимостью:

$$\sigma = \Phi(\varepsilon) = \sigma_{adm} + (\varepsilon - \varepsilon_{adm})tg\beta. \quad (46)$$

На основании формулы (32) и (45) в таблице 3 приводятся значения критических деформаций на участке линейного упрочнения “АВ” диаграммы сжатия $\sigma-\varepsilon$ (рис.10); на этом участке касательный модуль является постоянным и равным $tg\beta = 14201 \text{ kg} / \text{sm}^2$.

Таблица 3

ε	σ	E_k	λ^2/π^2	λ
0,00100	2100	2100000	1000	99,35
0,001022	2100,1	31899	15,190	12,24
0,001043	2100,2	22519	10,723	10,29
0,001065	2100,2	18357	8,741	9,29
0,001086	2100,3	15871	7,558	8,64
0,01108	2100,3	14201	6,763	8,17

Между деформацией $\varepsilon = 0,001$ и $\varepsilon = 0,0011$ заключена переходная дуга, вдоль которой гибкость λ меняется от 99,30 (соответствует концу линейно - упругого участка “ОА” рис.3.10) до значения 8,17 (соответствует начальной точке линии упрочнения, отстоящей от точки А на расстоянии $\varepsilon = 0,0011$).

Между деформацией $\varepsilon = 0,169$ и $\varepsilon = 0,170$ заключена переходная дуга, по которой сопрягается линия упрочнения АВ с горизонтальной касательной у точки В.

Значения гибкостей и соответствующие им значения критических напряжений и деформации вдоль дуги сопряжения приводятся в таблице 4 и 5.

Таблица 4

ε	σ	E_k	λ^2/π^2	λ
0,00100	2100	2100000	1000	99,35
0,001022	2100,1	31899	15,190	12,24
0,001043	2100,2	22519	10,723	10,29
0,001065	2100,2	18357	8,741	9,29
0,001086	2100,3	15871	7,558	8,64
0,01108	2100,3	14201	6,763	8,17

Таблица 5

ε	σ	E_k	λ^2/π^2	λ
0,1690	4486	14201	3,166	5,59
0,16920	4489	2719	0,606	2,45
0,16940	4491	1549	0,345	1,85
0,16959	4494	905	0,201	1,41
0,16979	4497	424	0,094	0,97
0,170	4500	0	0	0

Диаграмма сжатия $\sigma-\varepsilon$, основанная на законе линейного упрочнения, является не естественной. Более близкой к действительной диаграмме будет такая, которая на всем диапазоне изменения описывается одним и тем же уравнением и удовлетворяет следующим требованиям:

1. в верхней точке B (рис.10) первая производная $d\sigma/d\varepsilon$ должна обращаться в нуль;

2. в точке A , за которой наступают пластические деформации, сама функции σ должна принимать значение $\sigma = \sigma_{adm}$, а ее первая производная $d\sigma/d\varepsilon = E$.

Уравнение $\sigma = \Phi(\varepsilon)$, отвечающее этим требованиям, отнесем к системе координат x, y с началом в точке 0_1 , которая совпадает с верхней точкой B диаграммы (рис.14).

Рис. 14. Диаграмма растяжения сжатия для строительной стали

Ось x направлена вдоль ε , а ось y вдоль σ , но направления осей x и y является обратным.

Переход формул от одной системы к другой имеют вид:

$$\sigma = \sigma_u - y; \quad \varepsilon = \varepsilon_u - x. \quad (47)$$

Кривую AO_1 примем за диаграмму $\sigma-\varepsilon$ и представим в координатах x, y уравнением степенной функции:

$$y = Cx^n. \quad (48)$$

Первая производная от этой функции будет:

$$\frac{dy}{dx} = E_k = nCx^{n-1}. \quad (49)$$

Функция (49) удовлетворяет указанному выше первому требованию; константы C и n определяются, в соответствии со вторым требованием, из соотношений:

$$y_0 = Cx_0^n = 2400; \quad \frac{dy}{dx}(x_0) = nCx_0^{n-1} = E, \quad (50)$$

где x_0 - горизонтальная координат точки А диаграммы $\sigma-\varepsilon$; она

$$\text{равна: } x_0 = \varepsilon_u - \varepsilon_y = 0,170 - 0,001 = 0,169..$$

Из соотношений (50) получаем:

$$n \frac{Cx_0^n}{x_0} = n \frac{2400}{0,169} = 2100000 \frac{dy}{dx}(x_0),$$

$$\text{отсюда} \quad n = 147,875$$

На основании (48) - (50) находим формулы для функции y и ее первой производной, как функции от текущей координаты x :

$$y(x) = y_0 \frac{1}{\left[\frac{x_0}{x} \right]^n}. \quad (51)$$

$$\frac{dy}{dx}(x) = nCx^{n-1} = n \frac{Cx^n}{x} = n \frac{y}{x}. \quad (52)$$

На основании формул перехода (47) имеем $d\sigma = dy, d\varepsilon = -dx$, поэтому:

$$\frac{d\sigma}{dx} = \frac{dy}{dx} = E_k = n \frac{y}{x}. \quad (53)$$

Следовательно, по формуле (53) определяются значения касательного модуля в любой точке рассматриваемой диаграммы сжатия $\sigma - \varepsilon$ за пределом упругости.

Эта диаграмма, в соответствии с формулами (47) и (48), записывается в виде:

$$\sigma = \sigma_u - C(\varepsilon_u - \varepsilon)^n, \quad (54)$$

где n - показатель степени, и константу “ C ” можно определить из соотношений (50) и “ C ” в расчетные формулы (51) и (52) не входит.

Гибкость λ сжатого стержня за пределом упругости зависит от касательного модуля E_k и критического напряжения σ и определяется, на основании (45) по формуле:

$$\lambda = \pi \sqrt{E_k / \sigma}. \quad (55)$$

На рис.15 приводится график зависимости между критическими напряжениями и гибкостью стержня при его сжатии за пределом упругости, построенный на основании формула (53).

На уровне $\sigma_{adm} = 2100 \text{ kg} / \text{sm}^2$ кривая $\sigma - \lambda$ плавно сопрягается с гиперболой Эйлера, которая связывает σ_{cr} и гибкость λ в условиях линейно - упругой задачи.

Жирной наклонной линией на графике показаны результаты экспериментальных исследований, выполненные в Берлин - Далемской лаборатории. Эти эксперименты проведены с колоннами из строительной стали с пределом прочности около $3150 \text{ kg} / \text{sm}^2$; в процессе опытов была применена тщательно сделанная конструкция для опирания концов колонны [188].

Из рис.15 следует, что точки, построенные на основании формула (51), расположились совсем близко к указанной жирной экспериментальной линии.

Поэтому, можно считать, что диаграмма сжатия стержней за пределом упругости, выполненных из строительной стали, достаточно удовлетворительно описывается соотношениями (48) - (55).

Пунктирной линией на рис.15 показан график зависимости критических напряжений от гибкости за пределом упругости для стержней из материала с линейными упрочнением. Согласно пунктирной линии гибкость стержня на уровне $\sigma_{adm} = 2100 \text{ kg / sm}^2$ падает от значения $\lambda = 100$ до $\lambda = 8$; это происходит в течение процесса, когда диаграмма $\sigma - \varepsilon$ у точки А (рис.10) сопрягается по дуге окружности $r = \varepsilon_{adm} = 0,001$ (таблица 3).

Рис. 15. График зависимости критических напряжений от гибкости для строительной стали

При $\sigma_{adm} = 2100 \text{ kg / sm}^2$ гибкость стержня падает от 8 до 0. Таким образом, стержень, материал которого за пределом упругости упрочняется по линейному закону, продольному изгибу сопротивляется очень слабо; стержень должен быть коротким.

6. Зависимости между критическими напряжениями и гибкостями стержня при других граничных условиях

Рассмотренные вопросы устойчивости сжатого стержня за пределом упругости относились к шарнирно - опертому стержню. Переход расчетным формулам при других граничных условиях производится так же, как и в задачах устойчивости линейно - упругих стержней. Вводится понятие о приведенной длине стержня, равной

$$\ell = \mu l, \quad (56)$$

где коэффициент μ принимает известные значения: для стержня, защемленного одним концом $\mu=2$; для стержня, защемленного двумя концами $\mu=0,5$; для стержня, у которого один край шарнирно - оперт, а другой защемлен $\mu=0,7$.

Пользуясь результатами предыдущего параграфа, мы получаем гибкости при тех же критических напряжениях, но других граничных условиях. Для этого надо значения указанной колонны разделить на коэффициенты μ .

На рис.3.16 представлены графики, устанавливающие зависимости между критическими напряжениями и действительными гибкостями стержня при различных граничных условиях.

Рис. 16. Зависимости между критическими напряжениями и действительными гибкостями стержня

Заклучение

Работа содержит фундаментальный в теории устойчивости сжатого стержня “в малом” за пределом упругости результат утверждающий, что если нижняя граница потери устойчивости сжатого стержня за пределом упругости определяется теми значениями критических напряжений, которые удерживают стержень в состоянии бесконечно малого изгиба, непосредственно следующего за моментом раздвоения его равновесной формы, то критическая точка на диаграмме сжатия, отвечающая этому моменту (бифуркаций) не является особой.

На основе проведенных исследований показано, что при бесконечно малом изгибе сжатого стержня за пределом упругости секущий модуль его продольных волокон как в зоне догрузки, так и в зоне разгрузки перемещается по бесконечно малому участку касательной к критической точке на диаграмме сжатия $\sigma_i - \varepsilon_i$. При этом в зоне догрузки он уменьшается, а в зоне разгрузки - увеличивается.

Получено уравнение устойчивости сжатого стержня за пределом упругости, которое по форме полностью совпадает с уравнением устойчивости Эйлера, но от него тем, что постоянный модуль упругости E заменяется на касательный модуль E_k , относящийся к критической точке диаграммы $\sigma_i - \varepsilon_i$

Подтверждены справедливость предложения Ф.Энгессера о том, что при рассмотрении устойчивости сжатого стержня за пределом упругости, надо в уравнении Эйлера заменить обычный модуль упругости на касательный.

Предложено уравнение, описывающее диаграмму сжатия $\sigma_i - \varepsilon_i$ за пределом упругости для строительной стали, эта диаграмма полностью совпадает с классическими опытными данными, полученными в Берлин-Далемской лаборатории.

Получены зависимости между критическими напряжениями и гибкостью сжатых стержней за пределом упругости при различных граничных условиях на их концах.

Список литературы

1. Engesser F. Uber Knickfragen. Schweizerische Bauzeitung, 1895. Bd. 26, N 4, ss. 24 - 26.
2. Karman Th. Untersuchungen uber Knickfestigkeit, Physik. Z. (1908), № 81, Berlin (1910); J. Aeron. Sciences 14 (1947), 267.
3. Shanley F.R. Inelastic column theory, J.Aeron, Sei, 1946, Vol. 13, № 12, pp. 678; Vol. 14, № 5, 1947, pp. 261 267.
4. Ильюшин А.А. Пластичность М., ОГИЗ, ГИТТЛ, 1948. -376 с.
4. K.Ismayilov Critical strains and critical stresses in the steel rod beyond the elastic limit. European science review. 2018 number № 5-6, p–291.
5. Mavlonov, T., Yuldoshev, B., Ismayilov, K., Toshev, S. Compressed rectangular plates stability beyond the elastic limit. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. DOI:10.1088/1757-899X/883/1/012199.
6. Indiaminov, R., Butaev, R., Isayev, N., Ismayilov, K., Yuldoshev, B., Numonov, A. Nonlinear integro-differential equations of bending of physically nonlinear viscoelastic plates. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. DOI:10.1088/1757-899X/869/5/052048.
7. K.Ismayilov, K.Karimova Application of used automobile tires granules for road construction in uzbekistan. Journal of Critical Reviews, 2020. 7, t, number 12, p. 946-948. DOI: 10.31838/jcr.07.12.165.
8. Кубаймуратов Д.И., Исмайилов К., Ибрагимов А., Применение метода Бубнова-Галеркина для определения статистических характеристик состояния призматической оболочки. Prospective research solutions сборник статей III-Международного научно-технических конкурса. с.113-121. - 2021 г.Петрозаводск <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44587093>. DOI:10.46916/22012021-3-978-5-00174-117-6.

9. Ismayilov K., Karimova K. The Impact of Automobile Tires on the Environment from the Period of Raw Materials to the Disposal of Them. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878, Volume-8 Issue-3, September 2019. Retrieval Number: C44779889/19. DOI:10.12940/ijrte.C4473.09889.

10. Ismayilov K, Suleymanov A., Toshev S., Ruziev S. Option Of The Method Of Successive Approximations In Calculating The Epicenters Of Extreme And Emergency Situations. Ilkogretim Online - Elementary Education Online, 2021; 20. (3): pp. 1640-1647 <http://ilkogretim-online.org> doi: 10.17051/ilkonline.2021.03.186

11. Ismayilov K. Устойчивость сжатых стержней, пластин и оболочек за пределом упругости. Издательство. ФАН РУз. Монография. 2003. 280 с.

12. Ismayilov K., Suleymanov S.T., Ruziev S.T., Aripjanova M.B. A new method of successive approximations when calculating elements of electromechanical machines.XXI Century. Technosphere Safety. 2020;5(2): 168-172. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2020-2-168-172>.

13. Ismayilov K. On the stability of a compressed bar beyond elasticity International Congress. Spatial structures in new construction during the reconstruction of buildings and structures. МКРК98. Moscow 1998.p.46.

14. Исмаилов К., Напряженно деформированное состояние круглой пластинки за пределом упругости. Инновационный дискурс развития современной науки и технологий. Сборник статей Международной научно-практической конференции, состоявшейся в г. Петрозаводске 10 мая 2021 г. с. 7-23. DOI 10.46916/12052021-1-978-5-00174-228-9.

15. Кубаймуратов Д.И., Мамасолиев К. Расчет двухслойных балочных плит, лежащих на неоднородном основании. Современные достижения молодежной науки: сборник статей Международного научно-

исследовательского конкурса (11 мая 2021 г.). – Петрозаводск : МЦНП «Новая наука», 2021. – с. 55–66.

16. Mirsaidov M.M., Mamasoliev Q. Contact problems of slabs interaction on an elastic foundation. ICECAE 2020. IOP Conf. Ser: Earth Environ. Sci. 614012089. Doi:10.1088/1755-1315/614/1/012089.

17. Mirsaidov, M.M., Sultanov, T.Z., Yarashov, J.A., Khujanazarova, N., Urazmukhammedova, Z. Mathematical simulation and the methods to assess the strength of earth dams. International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, 2019. ICISCT 2019. 9011818

18. Mirsaidov, M., Sultanov, T., Yarashov J., Toshmatov, E. Assessment of dynamic behaviour of earth dams taking into account large strains. E3S Web of Conferences, 2019. 97,05019

19. Normuminov B., Abdikarimov R., Mirsaidov M., Khodzhaev D., Mirzaev B. Parametric vibrations of viscoelastic orthotropic cylindrical panels of variable thickness. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 869 (5), 052034 <http://doi.org/10.1088/1757-899X/869/5/052034>

20. Khodzhaev D., Vatin N., Abdikarimov R., Normuminov B., Mirzaev B. Dynamic stability of viscoelastic orthotropic shells with concentrated mass. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2020, 890, 012042, <http://doi.org/10.1088/1757-899X/890/1/012042>

© К. Исмаилов, 2021

УДК 101.1

**ПРОБЛЕМА НАУЧНОГО ТВОРЧЕСТВА В СОВРЕМЕННОЙ
ФИЛОСОФИИ НАУКИ: АЛГОРИТМЫ, ЭВРИСТИКИ, МОДЕЛИ
НАУЧНО-ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО ПОИСКА**

Ушаков Евгений Владимирович

кандидат философских наук, доцент

ФГБОУ ВО «Российская Академия

Народного Хозяйства и Государственной Службы

при Президенте Российской Федерации»

(Северо-Западный институт управления)

Аннотация. В статье обсуждается проблема понимания специфики научного творчества. Научный поиск продолжает оставаться загадочным явлением; он является сегодня предметом изучения различных наук. В философии и методологии науки проблема научного творчества в прошлые десятилетия была обозначена как различие между контекстом открытия и контекстом обоснования. Современные эвристики и модели научного творчества преодолевают это различие и позволяют приблизиться к лучшему пониманию научного творчества. Важную роль в этом играет сегодня когнитивный подход в философии науки.

Ключевые слова: философия науки, социология науки, научное творчество, проблемы научного творчества, модели научного творчества, когнитивный подход в философии науки.

THE PROBLEM OF SCIENTIFIC CREATIVITY IN THE MODERN PHILOSOPHY OF SCIENCE: ALGORITHMS, HEURISTICS, MODELS OF SCIENTIFIC SEARCH

Ushakov Evgeniy Vladimirovich

Abstract: The article discusses the problem of understanding the specifics of scientific creativity. Scientific search continues to be a mysterious phenomenon; it is the subject of study of various sciences. In the philosophy and methodology of science, the problem of scientific creativity in the past decades has been designated as the difference between the context of discovery and the context of justification. Modern heuristics and models of scientific creativity overcome this difference and allow us to approach a better understanding of scientific creativity. An important role in this is played today by the cognitive approach in the philosophy of science.

Key words: philosophy of science, sociology of science, scientific creativity, problems of scientific creativity, models of scientific creativity, cognitive approach in the philosophy of science

Что такое творчество? Различные варианты общего определения творчества представляют его как человеческую деятельность, характеризующуюся принципиальной новизной. Творчество имеет место в любой области человеческой деятельности - художественной, политической, хозяйственно-административной и т.п. Научное творчество - это деятельность, направленная на решение познавательных проблем (нестандартных задач) в ситуациях неполноты знаний и недоопределенности имеющимися методами.

Важность темы научного творчества очевидна. Помимо сугубо теоретического интереса к этой важнейшей стороне человеческой деятельности, существует и ряд практических потребностей. Они связаны с необходимостью оптимизировать организацию науки и образования. Проблема научного творчества подлежит разработке как со стороны различных специальных наук, так и в междисциплинарной перспективе.

Определенная трудность для изучения логико-методологических аспектов научного творчества состоит в том, что феномен творчества содержит некоторый оттенок парадоксальности.

С одной стороны, кажется невозможным описать и понять творчество в рамках сугубо рационалистического подхода: творчество выглядит вообще чем-то алогичным, нарушающим все методологические каноны (что ярко акцентировал, в частности, П. Фейерабенд). Важную роль в процессах творчества играет возвышенное эмоциональное состояние, именуемое вдохновением.

С другой стороны, творчество в науке - это именно *научное* творчество, оно изначально согласуется с ориентирами научной деятельности, и результаты творческого мышления оказываются не продуктом некоего произвола (или свободы, связанной, например, с искусством), а обоснованными, рационально проверяемыми интеллектуальными конструкциями.

Возможная стратегия преодоления этой трудности состоит в четком разделении рациональных и внерациональных аспектов научного творчества и научного открытия. Реализация этой стратегии, получившая широкую известность, связана с именем Ганса Рейхенбаха (1891-1953). (Правда, сходные идеи прежде него были высказаны К. Поппером). Г. Рейхенбах (в работе «Опыт и предсказание», 1938) предложил четко различать такие

составляющие научной деятельности, как *контекст открытия* и *контекст обоснования*.

Это означает, что сам процесс научного творчества, завершаемый открытием, не подлежит изучению в логико-методологическом ракурсе. Все, касающееся непосредственных эмпирических условий этого процесса - совокупность психологических, социальных, культурно-исторических и прочих факторов - это лишь субъективная сторона научного познания. Она должна рассматриваться конкретными науками (психологией, социологией).

В логико-методологическом плане нас не интересует, как пришел ученый к тому или иному открытию. Но нам важно, как обосновывались эти интеллектуальные продукты творчества, как они проверялись и доказывались. Иными словами, творить ученый может, как ему заблагорассудится, но конечный результат должен соответствовать всем логико-методологическим стандартам научного познания.

Это можно сформулировать и следующим образом: логика открытия невозможна, существует только логика обоснования.

Однако позже эта прозрачная схема стала усложняться. Новый этап обсуждения темы научного открытия был открыт работой Норвуда Хэнсона «Паттерны открытия» (1958) [1].

Этот автор указал на то, что гипотетико-дедуктивная модель науки недостаточно близка реалиям научного мышления. Ведь ученый начинает, в некотором смысле, не с гипотезы, а с анализа *фактов*. Изучая фактуальную картину, ученый приходит к некоторой идее не произвольно, а под влиянием самих данных. С другой стороны, не существует и «нейтральных фактов»; они всегда видятся в свете каких-то исходных теоретических предпосылок.

Следовательно, существует сложное сплетение теоретических и эмпирических факторов, влияющее на процесс научного поиска. Согласно Н. Хэнсону, ученый, анализируя эмпирический материал, усматривает в нем

некоторую тенденцию, структуру, «концептуальный гештальт». Конфигурация данных подсказывает ученому какую-то наиболее вероятную гипотезу.

Выдвижение гипотезы есть процесс, производимый на разумных основаниях. Именно это было упущено из виду в гипотетико-дедуктивной модели научного познания. Но можно ли как-то реконструировать рассуждения ученого, анализирующего эмпирический материал и подыскивающего для него наиболее подходящую гипотезу?

Здесь Н. Хэнсон отталкивается от идей американского философа Чарльза Пирса. В свое время Ч. Пирс предложил рассматривать особый вид рассуждений, которые он назвал ретродуктивными (или абдуктивными) [2, с. 301-310].

Это нестрогие, или вероятностные, рассуждения, которые вводят новые высказывания исходя из фактуальных посылок. Схему ретродуктивного заключения можно представить так: (1) существует некоторый особенный факт X; (2) если бы было истинно Y, то имело бы место X; (3) следовательно, можно предполагать истинность Y (или выдвинуть гипотезу Y). Таким образом, путем логической операции абдукции ученый, отталкиваясь от фактуального материала, вводит правдоподобную гипотезу, заслуживающую разработки.

Сама по себе подобная схема рассуждения до некоторой степени отражает действительные особенности научного мышления. Однако далее встает задача более детальной экспликации самого перехода от посылок к гипотезе - на каком основании ученый делает этот переход, каковы его соображения по конструированию гипотезы и ее оценке? Так что вопрос о реконструкции научного творчества посредством «ретродуктивных» рассуждений остается открытым. Безусловной заслугой Н. Хэнсона можно считать, что он смог дать толчок новым исследованиям по логике научного

познания. Под влиянием его «Паттернов открытия» стали разрабатываться различные программы логико-методологического анализа процессов генерирования новых идей и гипотез (Т. Никлз и др.).

Подход Н. Хэнсона заставил философов и методологов науки пересмотреть ставшие почти общепринятыми представления о том, что процессы научного творчества существенно внелогичны, рационально не моделируемы. Однако было еще одно важное следствие: подход Хэнсона способствовал размыванию границы между *контекстом открытия* и *контекстом обоснования*. Действительно, переход от фактов к гипотезе, производимый в «ретродуктивном» рассуждении посредством нахождения разумного основания для гипотезы, оказывается *одновременно* и открытием нового теоретического утверждения, и предварительным обоснованием этого же самого утверждения.

Сегодня многие исследователи убеждены, что открытие и обоснование вообще являются единым непрерывным процессом, в котором различать стадии можно лишь с большой долей условности - уже само выдвижение гипотезы происходит с ее одновременной оценкой и первичной проверкой. С другой стороны, разработка и обоснование гипотезы происходят в пространстве, открытом для новых творческих решений. Важно также отметить конструктивный смысл самого акта обоснования. Давно замечено, что в процессе обоснования мы приобретаем больше знания об обсуждаемом предмете, чем мы знали о нем на интуитивном уровне: в аргументативном рассмотрении мы наделяем объект новыми характеристиками, проясняем его значимые черты, устанавливаем связи с другими объектами и т.п.

Итак, в ходе изучения научного познания исследователи пришли к необходимости *сблизить контексты открытия и обоснования* и заняться поиском новых логико-методологических средств анализа научного мышления.

Постараемся подробнее рассмотреть путь, который проходит творческое мышление от столкновения с проблемой до нахождения решения. Возможно, нам удастся при этом увидеть и оценить, в какой мере процесс научного поиска является рациональным, и в какой мере он использует «иррациональные» факторы. Какими способами удобнее представить процесс научного поиска? Можно понимать научный поиск как:

1) некую темпоральную последовательность действий и состояний; в этом случае мы получим линейную модель, получившую достаточное распространение среди исследователей научного творчества;

2) *системно* организованную совокупность задач и исследовательских действий; здесь мы сосредотачиваемся на изучении содержательных связей поискового процесса, заданных самими структурными компонентами проблемной ситуации. В этом случае мы приходим к *структурно-системной* модели научного поиска.

Рассмотрим вначале научный поиск как линейную последовательность действий. Эти действия представимы в *логическом* плане (как описание того, на какой стадии решения задачи объективно находится исследователь) и в *психологическом* (как описание того, какие процессы происходят в сознании при работе над задачей). С логической точки зрения поиск включает в себя: 1) постановку задачи; 2) ее анализ; 3) поиск решения; 4) нахождение решения; 5) его дальнейшую доработку.

С психологической точки зрения в сознании происходит: 1) первоначальная подготовка к поиску; 2) инкубация; 3) инсайт; 4) обоснование.

Первые этапы поиска являются осознанным процессом. Ученый осуществляет первоначальный анализ проблемы, уточняет условия задачи, пытается применить уже известные приемы и как-то сузить круг поиска. Не добившись быстрого решения, исследователь снова и снова предпринимает

усилия по преодолению обнаруженных затруднений. Иногда бывает, что ученый откладывает на время поиски и занимается чем-то другим. Однако мысленный процесс поиска не прекращается, а лишь переходит на неосознаваемый уровень психической деятельности. Этап скрытой активности получил название *инкубации*.

Наконец, ученый «внезапно» находит нужное решение, которое нередко оказывается существенно отличным от тех вариантов, на которые он рассчитывал в начале. Это «озарение» называется *инсайтом* (англ. *insight* - способность проникновения, проницательность). Следующая стадия - *обоснование*, на которой исследователь производит уточнение и проверку решения, его дальнейшую разработку и аргументированное изложение.

Наиболее загадочными стадиями являются, конечно, *инкубация* и *инсайт*. Именно в них во время скрытой, неосознаваемой активности сознания творчество выступает как процесс, не поддающийся рациональному пониманию. Много страниц написано исследователями творчества о том, что решающая стадия поиска управляется *интуицией*. Сами ученые также оставили нам для истории немало описаний своих научных озарений. Например, широкую известность получил подробный отчет А. Пуанкаре о процессе открытия им автоморфных функций; в этом процессе ярко выделяются стадии инкубации и инсайта [3].

Традиционным стало терминологическое деление на «интуитивное» мышление и его антипод – «дискурсивное» (лат. *discurrere* - распадаться, разделяться).

Дискурсивной называют интеллектуальную деятельность, основанную на эксплицируемых, отчетливо отделенных друг от друга процедурах. Примером дискурсивной деятельности может служить аргументация по четко определенным логическим правилам. *Интуиция* (лат. *intuitio* - пристальное всматривание, созерцание) - сложный и малоизученный

психологический процесс. Решение проблемы называют интуитивным, когда человек приходит к нему каким-то неосознанным путем, не может дать отчет в том, *как* оно возникло.

Интуитивное решение характеризуется субъективно как неожиданное, внезапное.

По своему содержанию оно часто оказывается неким оригинальным видением изучаемого предмета, структуры его взаимосвязей или открытием нового метода исследования. Интуитивному решению сопутствует особое чувство полного понимания, разгадки, проникновения в суть вещей, твердая убежденность в истинности пришедшей идеи.

Но действительно ли интуитивное решение приходит какими-то рационально не постижимыми путями? На самом деле любой поиск начинается не с нуля. Он всегда базируется на некотором исходном знании. Успех поиска существенно зависит от подготовки исследователя, от его запаса навыков по решению проблем в предыдущей исследовательской деятельности, а также - от интенсивности усилий, предпринимаемых им на первых стадиях поиска. При активном первоначальном «штурме» проблемы ученый входит в психологический режим постоянного поиска. Подсознательно ученый продолжает перебирать варианты, связывать идеи и искать новые подходы. В этом неосознаваемом поисковом процессе могут совершаться весьма сложные мыслительные процедуры, устанавливаться неожиданные ассоциативные соответствия. Интуитивное разрешение проблемы оказывается наградой за всю предыдущую работу.

В научном поиске переплетены и дискурсивные усилия, основанные на рационально обоснованных и отработанных приемах, и интуитивные мыслительные ходы, имеющие принципиально новаторское содержание. Это касается как стадии первоначальных осознанных усилий, так и ее продолжения - стадии несознаваемого поиска.

Необходимо понимать, что неосознаваемый интуитивный поиск ученого не представляет собой чего-то принципиально отличающегося от действий в «нормальном» состоянии, а направляем теми же самыми ориентирами, которые заданы дискурсивными процедурами научной деятельности (хотя по своему содержанию он представлен, конечно, довольно свободными, «раскрепощенными» движениями мысли).

Поэтому не стоит резко разделять дискурсивный и интуитивный компоненты научного творчества. Дальнейшие исследования проблемы творчества, по всей видимости, откроют нам новые области их взаимопроникновения. Сближение исследователями творчества интуитивного и дискурсивного компонентов научного поиска есть еще одна форма смягчения противопоставления *контекста открытия* и *контекста обоснования*.

Таким образом, не существует привилегированного доступа к научному знанию путем некоего интуитивного проникновения. Есть лишь умение методически мыслить и искать. Исследовательская интуиция не является каким-то счастливым даром, а развивается путем тренировки ученого в процессе упорной работы. Профессионализм ученого - сложный комплекс явных и неявных знаний, интеллектуальных навыков и умений. Это то неуловимое и непередаваемое, несущее отсвет самой личности исследователя, его стиль и почерк, что называется виртуозностью, опытом, мастерством.

Линейная модель научного поиска дает только очень общее представление об этом процессе. В реальности научный поиск больше похож на совокупность циклических процессов. Кроме того, если подходить более детально к его изучению, то нужно ввести в рассмотрение различные структурные взаимосвязи между исследовательскими действиями и компоненты содержательного контекста решения решаемой ученым задачи.

Как замечают Н.Г. Алексеев и Э.Г. Юдин, адекватная схематизация научного поиска должна включать связи не столько хронологические, сколько иного порядка - связи, отражающие предметное содержание научного познания. Авторы разделяют средства исследовательской деятельности на три типа (теоретическое обоснование; моделирующие представления; конкретные процедуры) и устанавливают между ними совокупность отношений *порождения, управления и корректирования* [4, с. 162-163]

Можно предложить следующую объединяющую модель научного поиска, учитывающую как элементы хронологической последовательности научного поиска, так и *структурно-смысловые* соотношения при работе над научной проблемой.

Работа над решением задачи начинается с анализа исходных условий. Это важнейший процесс, к которому исследователь возвращается неоднократно при последующих попытках решения. Общеизвестно, что ясное видение проблемы само, в определенном смысле, уже подсказывает путь решения. Анализируя условия, исследователь пробует переформулировать их тем или иным способом, отбросить в них несущественное и выделить в чистом виде главное в задаче.

При этом происходит предварительный подбор моделей, пригодных для того, чтобы представить задачу в наиболее удобной форме и найти адекватную стратегию действий. Центральную роль во всех процессах работы над задачей играет запрос к прошлому опыту исследователя: нахождение аналогий задачи с другими, решаемыми прежде, привлечение тех или иных испытанных приемов. Результатом проведенного анализа оказывается предварительный план решения, который тоже подвергается анализу. Ученый осуществляет пробные реализации плана, на основании чего производит сравнение, оценку и отбор различных вариантов решения.

В какой-то момент времени исследователь может остановиться на наиболее интересной идее решения, которая обычно выступает для него субъективно в виде догадки. Однако последующая *проверка* догадки, скорее всего, вернет его вновь к пересмотру условий задачи и разработке новой версии плана решения: это будет следующим витком исследовательского цикла.

Наконец, какая-то догадка может оказаться наиболее плодотворной, открывающей путь к решению (субъективно она обычно воспринимается в виде инсайта). Проверив догадку, ученый выходит к окончательной идее решения.

Однако процесс на этом не заканчивается: впереди длительный период разработки идеи, ее дальнейшего развития, аргументированного изложения решения, а также включения полученного решения в общую ситуацию, сложившуюся в данной предметной области. Ведь с решением конкретной задачи исследователь выходит к новым перспективам, осознание и проработка которых потребует дальнейших усилий.

Одной из фундаментальных проблем философии и методологии науки является вопрос о том, можно ли научиться (и научить) мыслить творчески? Было замечено, что опытные ученые вполне или не вполне осознанно используют некоторые приемы мастерства, существенно сокращающие и ускоряющие перебор вариантов. Изучение этого феномена привело исследователей к идее разработке различного рода *эвристик*. Эвристикой также называется общая дисциплина, изучающая закономерности научного творчества.

Эвристики - это комплексы исследовательских приемов, облегчающие поиск решения задачи или проблемы. Эвристические принципы, конечно, не гарантируют нахождение решения в любом случае, но повышают вероятность того, что путь к решению окажется более эффективным. Часто

они предлагают определенные стратегии общего познавательного продвижения. Их логической базой выступают различные недедуктивные, правдоподобные рассуждения. Эвристические приемы моделируют то, что действительно (хотя зачастую и неявно) используется исследователями в научной практике: нахождение аналогий, изменение ракурса рассмотрения и т.п.

Вообще эвристики представляют собой разнородную совокупность советов, идей, неформальных приемов, относящихся к прикладной психологии, логике, педагогике и др. Они помогают активизировать творческий потенциал, «расковать» мышление, стимулировать нестандартные концептуальные ходы.

Интересная эвристическая концепция была разработана в нашей стране, начиная с 70-х гг., Г.С. Альтшуллером. Она получила название «ТРИЗ» - *теория решения изобретательских задач*. В серии своих книг Альтшуллер сумел обобщить опыт многих тысяч изобретений. Его собственная работа длилась более 20 лет. Согласно Г.С. Альтшуллеру, в основе решения задачи (изобретения) лежит преодоление основного противоречия в заданных условиях задачи. Таким противоречием обычно является противостояние конфликтующих элементов ситуации. Сам Г.С. Альтшуллер предложил конкретные стратегии разрешения подобных конфликтов. Как показала практика подготовки изобретателей, ТРИЗ-методика хорошо повышает эффективность творческого мышления инженеров и ученых. Сейчас последователи этого направления успешно развивают его и применяют в разных областях деятельности.

Сможем ли мы когда-нибудь разгадать тайну творческого мышления, создать «логику открытия»?

Конечно, разработка различного рода эвристических концепций и программ не может исчерпать проблему креативности. Но все они - в том

случае, когда доказывают свою результативность - оказываются некоторыми последовательными приближениями к реальному поисково-познавательному процессу. «Логика творчества» должна быть принципиально открытой областью, свободно вбирающей в себя разработки и методики из различных дисциплин.

В последние десятилетия XX века активно разрабатывается так называемый когнитивный подход в философии науки, который иногда расценивают как новый путь по сравнению с «логическим» и «историческим» подходами. Он основан на результатах группы когнитивных наук: когнитивной психологии, исследований в области искусственного интеллекта, изучения нейронных структур. Когнитивные науки достигли к концу XX в. значительных успехов. Сегодня мы гораздо лучше представляем себе, как происходят познавательные процессы.

Группа когнитивных наук вводит в философию и методологию науки новые объяснительные модели. Их стратегия состоит в изучении процессов индивидуального творческого мышления в науке, выявлении и описании его закономерностей.

В частности, совершенствование компьютерной технологии позволило существенно прояснить и промоделировать принципы исследовательской работы. У истоков этого направления стоял Нобелевский лауреат в области экономики Герберт Саймон, призвавший разрабатывать «программы открытия» [5].

Сторонники когнитивного компьютерного моделирования исходят из допущения, что в творческом процессе нет ничего (или почти ничего) необъективируемого. Приемы, которые эффективно сокращают число проб и ошибок, вполне могут быть сформулированы явно. На сегодняшний день исследователями созданы различные компьютерные программы, которые реконструируют творческое мышление. Эти программы используют

эвристические принципы решения проблем и способны распознавать эмпирические закономерности, выдвигать теоретические обобщения.

Например, широко известная программа BACON представляет собой целую серию усложняющихся программ. BACON.1 была разработана П. Лэнгли еще в 1979 г. под руководством Г. Саймона; при введении в нее эмпирических данных она генерирует третий закон движения планет Кеплера, закон движения тел по наклонной плоскости Галилея и др. Система BACON.4 (Г. Брэдшоу, П. Лэнгли, Х. Саймон, 1980), основанная на более продвинутых эвристических правилах – способна заново открыть закон всемирного тяготения Ньютона, закон вытеснения жидкости Архимеда и др.

Канадский философ П. Тагард, один из известных представителей когнитивного направления (и тоже автор компьютерных программ), исходит из аналогии между когнитивными процессами исследователя и моделируемыми на компьютере процедурами обработки данных, создания логических связей между понятиями и т.п. По его мнению, подходы когнитивной психологии и искусственного интеллекта помогут нам глубже понять процессы роста научного знания.

Когнитивный подход открыт для интеграции с прочими подходами: в том числе с моделями, которые учитывают социальные интеракции между учеными. Он не претендует на исчерпывающее объяснение научного познания, но вносит свой вклад в распутывание таких проблем, как, например, проблема несоизмеримости научных теорий и др. Когнитивный подход - это динамичная и перспективная область исследований.

Таким образом, проблема научного творчества остается одной из перспективных тем для исследований. Современные модели и эвристики научного поиска позволяют приблизиться к этому основополагающему процессу научного познания, хотя мнения экспертов расходятся по поводу

того, насколько все же возможно эксплицитно отразить творческие основы науки.

Список литературы

1. Hanson N.R. Patterns of Discovery. Cambridge, 1958.
2. Пирс Ч. Начала прагматизма. Т. 1. - СПб., 2000.
3. Пуанкаре А. О науке. - М., 1983.
4. Проблемы научного творчества в современной психологии. - М., 1971
5. Simon H. Models of Discovery. Dordrecht-Holland: Reidel, 1977.

© Е.В. Ушаков, 2021

НОВЫЙ МЕТОД АТРИБУЦИИ ТЕКСТОВ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИКИ ЧИСЛИТЕЛЬНЫХ: ОБЗОР РЕЗУЛЬТАТОВ

Зенков Андрей Вячеславович

к.ф.-м.н., доцент

Зенков Евгений Вячеславович

к.ф.-м.н., доцент

Зенков Мирослав Андреевич

Уральский федеральный университет

Аннотация: Приведены некоторые результаты, полученные в рамках реализации проекта «Новый метод атрибуции текстов на основе статистики числительных», поддержанного грантом РФФИ № 19-012-00199А.

Рассмотрены два подхода к статистическому анализу текстов, основанному на изучении встречаемости числительных в тексте. Первый вариант анализа связан с изучением распределения частот различных первых значащих цифр числительных, встречающихся в тексте. Эти частоты не одинаковы: цифра 1 обычно преобладает, а частоты последующих цифр монотонно убывают. Частоты встречаемости единицы, а также, в меньшей степени, цифр 2 и 3, обычно являются характерной особенностью авторского стиля, проявляющейся во всех (достаточно длинных) текстах автора. Метод удобен для проверки принадлежности некоторой группы текстов одному автору: в случае существенных различий в статистических распределениях единое авторство сомнительно.

Второй вариант анализа является расширением первого и предполагает изучение распределения частот самих числительных (а не их первых

значащих цифр). Метод позволяет распознавать авторские, стилистические и жанровые особенности текстов и пригоден для углубленного стилометрического анализа.

Предложенные подходы проиллюстрированы примерами компьютерного анализа литературных текстов на русском, чешском, литовском, английском, турецком языках.

Ключевые слова: квантитативная лингвистика, стилометрия, стилеметрия, атрибуция текстов, авторство текстов, числительные в тексте

THE NOVEL METHOD OF TEXT ATTRIBUTION BASED ON THE NUMERALS STATISTICS: A SURVEY OF RESULTS

Zenkov Andrei Viacheslavovich

Zenkov Eugene Viacheslavovich

Zenkov Miroslav Andreevich

Abstract: We present some results obtained in the framework of the project “The novel method of text attribution based on the numerals statistics” supported by a grant from the Russian Foundation for Basic Research, project No. 19-012-00199A.

We suggest two approaches to the statistical analysis of texts, both based on the study of numerals occurrence in texts. The 1st approach is related to the study of the frequency distribution of various leading digits of numerals occurring in the text. These frequencies are unequal: the digit 1 is strongly dominating; usually, the incidence of subsequent digits is monotonically decreasing. The frequencies of occurrence of the digit 1, as well as, to a lesser extent, the digits 2 and 3, are usually a characteristic author's style feature, manifested in all (sufficiently long) literary texts of any author. This approach is convenient for testing whether a

group of texts has common authorship: the latter is dubious if the frequency distributions are sufficiently different.

The 2nd approach is the extension of the first one and requires the study of the frequency distribution of numerals themselves (not their leading digits). The approach yields non-trivial information about the author, stylistic and genre peculiarities of the texts and is suited for the advanced stylometric analysis.

The proposed approaches are illustrated by examples of computer analysis of the literary texts in Russian, Czech, Lithuanian, English, and Turkish.

Key words: quantitative linguistics, stylometry, attribution of texts, text authorship, numerals in texts

1. Introduction

The present study pertains to the scope of stylometry (statistical study of texts to find the individual peculiarities of the author's style and, in particular, for the texts attribution). In turn, the stylometry is an integral part of quantitative and, more generally, mathematical linguistics.

Traditional stylometric practices include, for example, the analysis of sentence and word length, of frequency of function words and also of certain significant parts of speech, and even the analysis of frequencies of letter combinations [1]. Unfortunately, different methods do not always lead to consistent conclusions, and none of the existing methods of texts attribution (including the popular recent Burrows's delta [2]) offers 100% reliability. Obviously, it is reasonable to use different methods and compare the results obtained. The use of neural networks can give impressive results, but the technique itself, unfortunately, is a "black box": its results are often difficult to comprehend [3]. In this sense, the following new approach to the stylometric problems seems linguistically more informative and meaningful.

In this paper, we present the stylometric technique based on the analysis of numerals occurring in texts. This may seem bizarre so we will proceed to the new ideas after reminding Benford's Law also related to numerals counting [4]. This law describes the probability of the occurrence of a certain first significant (leftmost non-zero) digit in various distributions of data occurring in the surrounding reality. Common sense dictates that the distribution is uniform (the appearance of any first significant digit should be equally probable), but for many data arrays this is not so: the digit 'one' as the first significant digit is much more common than the others! According to Benford's Law, in the decimal system, the probability of occurrence of the digit d as the first significant one,

$$P(d) = \lg\left(1 + \frac{1}{d}\right), \quad (1)$$

thus, $d = 1$ should occur with probability $\lg 2 \approx 0.30$, $d = 2$ – with probability 0.18, etc. (see Figure 1).

A complete explanation of Benford's Law, applicable to all cases of implementation, is still missing, although some sufficient conditions for its appearance have been formulated. The well-known Benford's experiment which is in good agreement with (1) – counting the occurrence of numbers on arbitrary news pages of the press – is explained in Hill's theorem [5], according to which at repeated random selection of the probability distribution followed by a random choice of the number according to this distribution a set of numbers occurs, distributed according to Benford's Law. Note that Benford himself analyzed only numerals expressed in *digits*.

The incomplete understanding does not preclude the successful use of Benford's Law to detect falsifications in accounting records [6]; applications in various sciences are discussed [7].

Works [8–10] show the prospects of counting the frequencies of various first significant digits of numerals in quantitative linguistics, in particular, for the text attribution. It turned out that not only for a random combination of texts, but also

for coherent texts, for which the condition of Hill's theorem is not fulfilled, the frequency distribution is similar to Benford's one (1), but the quota of the digit *one* significantly exceeds 30 per cent – at least because, formally being a numeral, the word *one* can actually *play the role* of an indefinite article¹. The common psychological propensity to rounding numbers² also has an impact. Thus, the reasons for the frequent occurrence in the texts of the digit *one* as the first significant digit are partially clear, but why the numerals begin less and less often with each subsequent digit – this remains unclear.

In contrast to the traditional methodology of Benford's Law application, which considers deviations from the law as an indication of possible "falsifications" (in a broad sense), in [8, 9] the emphasis is placed on comparing these deviations for texts by different authors. It is shown that these deviations are statistically stable author's peculiarities which makes it possible to distinguish texts of different authors (under some conditions, the most important of which is a sufficient length of the analyzed text).

In our paper, this approach is developed and new research results are presented. Taking into account this article, the texts of more than 40 authors have already been analyzed within the framework of the presented methodology.

All results are justified on the basis of the parametric Pearson chi-squared test.

The work is heuristic by nature and does not aim at theoretical justification of the results (if that is even possible), which, however, does not detract from the possibility of applying the proposed methodology for stylometry tasks.

¹ Below, we will consider the applicability of our method to texts written in a language in which the numeral *one* coincides with the indefinite article.

² Example: "The era known in Japanese history as the Nara era ... lasts a little less than a hundred years. It begins by the establishment of the capital of the state in the city of Heijō (Nara) – in 710, its end is considered at the capital transfer... to the city of Heian (Kyoto), which took place in 794" [11, p. 45]. Instead of *eighty-four* (with 8 as the first significant digit) appears *one hundred* (and, accordingly, the digit 1).

For all (Russian, Czech, Lithuanian, English, and Turkish-language literary) texts, subjected to computer-aided³ statistical analysis, the frequencies of the first significant digits of the cardinal and ordinal numerals were calculated. The specificity of the use of numerals in the literary text is significant predominance of verbal numerals expression over digital one. In the first case, the numerals (in different word forms) were first transferred into a digital record, so that, for example, for the numeral "seven hundred and fifty-third" (753), only the first significant digit 7 was taken into account. Because of numerals declension, accounting for various word forms in Russian was more time-consuming than in English. To identify the author's use of numerals, the idiomatic expressions and set expressions, accidentally containing numerals ("*as clear as two and two makes four*" or "*to drink like seven lords*") and bullets: 1), 2), 3), etc. were previously deleted from the texts⁴.

We first test our technique in simulated authorship problems where the author is already verified and known (Section 6) or founded hypotheses exist (Sections 7 and 8)⁵. Then, we apply our technique to open problems (Sections 9 and 10). Other sections justify and expand our approach.

We deliberately have given our paper the *horizontal* structure, not a hierarchical one, since the topics discussed can hardly be subordinated.

When we analyze the texts of a particular author, we use *all* of his large texts for analysis (the size of the text is important for our technique – see Section 3).

The Czech- and Lithuanian-language texts will be analyzed in the following paper.

³We made a computer program to that purpose.

⁴ Since it is not possible to decompose phraseological units into separate words without loss of a general meaning, the numerals that are accidentally included in such expressions should not be taken into account. As for the list markers, they are similar to page numbers. They are not always established by the author himself (this may depend on editorial corrections) and are only a generally accepted system of designations, and not a reflection of the author's intention. In any case, deleted items (due to their comparative rarity) have little effect on the results.

⁵ More examples of testing our technique are contained in [8, 9].

2. Distribution of the first significant digits of the numerals in compiled texts

The conditions of Hill's theorem are best fulfilled for compiled texts consisting of passages of different authorship. In this case, the authors' peculiarities of the texts (see below) are averaged, and the distribution is obtained that resembles the Benford's one (1), but with a faster decrease in frequency; the occurrence of digit 1 is significantly higher than expected according to Benford's Law. Starting with digit 3, the actual frequency usually decreases faster than the theoretical one (1).

In Figure 1, the results of the analysis of the compiled text of three collections of Russian-language literary prose are presented:

- 1) "Russian Romantic Novel" [12];
- 2) "Fascinated by the Book" [13];
- 3) "Under Clear Stars" [14].

For each collection, the frequency gradually decreases; patterns for different collections are generally similar, the differences may be related to the peculiarities of the texts in each collection (for example, genre and time of creation, but this requires additional research).

Fig. 1. Distribution of the first significant digits of numerals in three collections of Russian-language literary texts. Results are compared with those prescribed by Benford's Law (1)

In Figure 2, similar results for English-language collections [15] are presented.

Fig. 2. The distribution of the first significant digits of numerals in eight collections of English-language literary texts

3. Coherent Russian-language literary texts: the author's peculiarities

As a rule, in texts written by one author, stable peculiarities in the statistics of the first significant digits are observed. For example, we present the results of the analysis of the most voluminous novels by L. Tolstoy, F. Dostoevsky (works №1–9 in Figure 4), and I. Goncharov (Figures 3–5).

Note the difference in the frequencies of occurrence of digit *one* in Figures 3–5. The maximum frequency for Goncharov's texts (Figure 5) is substantially less than for the texts by Tolstoy and Dostoevsky. Basically, in our approach, the digit 1, as well as (to a lesser extent) 2 and 3 define the author's specificity of the text. The digit *one* occurrence stability is characteristic for large texts of all researched authors. The occurrence of subsequent digits is subject to strong fluctuations, which makes it hardly possible to extract useful information from their distribution.

Fig. 3. The distribution of the first significant digits of numerals in the works by L. Tolstoy. The asymptotic significance $p = 0.999$ (here and in the following figures – by the Kruskal-Wallis test, see Section 5)

For the statistical stability of frequency characteristics, the texts should be quite voluminous: a novel, a story, but, apparently, not a short story. The Figure 4 comparatively shows the frequency characteristics of not only large texts, but also a relatively short story “A Little Hero”; there is a marked difference from the corpus of the main works of Dostoevsky, which is also confirmed by the statistical tests (see Section 5).

It is impossible to specify the universal text length, starting from which the frequency characteristics stabilize because for different authors it is individual. In any case, according to our observations, for texts with a size of more than 200 Kb (file size of the *txt* format), the frequencies of the first significant digits stabilize.

Fig. 4. The distribution of the first significant digits of numerals in Dostoevsky's texts. In addition to voluminous works (Nos. 1–9), a shorter one (No. 10) was analyzed for comparison. Asymptotic significance (without No. 10 – the story “A Little Hero”) $p = 0.999$ (see Section 5)

Fig. 5. The distribution of the first significant digits of numerals in Goncharov's texts. Asymptotic significance $p = 0.891$ (see Section 5)

4. Coherent English-language literary texts: author's peculiarities

Statistical analysis of English-language coherent literary texts yielded similar results. In Figures 6–8, some of them are presented.

Fig. 6. The distribution of the first significant digits of numerals in M. Twain's texts. Asymptotic significance $p = 0.998$ (see Section 5)

For J. Joyce's texts, the frequency of occurrence of the digit *one* is significantly less than for M. Twain's texts (cf. Figures 6 and 7).

Fig. 7. The distribution of the first significant digits of numerals in Joyce's texts. Asymptotic significance $p = 0.998$ (see Section 5)

Note two outliers, corresponding to the significant digit *one*, for texts that were *not completely* written by Stevenson (Figure 8).

Fig. 8. The distribution of the first significant digits of numerals in Stevenson's texts. Asymptotic significance (without outliers, Nos. 3 and 6) $p = 0.999$ (see Section 5)

The frequency of the first significant digit 1 can reach values twice as large as according to Benford's Law (Figures 1–8).

5. Checking the statistical significance of the results

Obviously, it is impossible to fully rely on subjectively observable similarities/differences in bar charts, especially since the situation may be different for different first significant digits. It would seem that a suitable means for identifying an objective picture can be the hierarchical cluster analysis, which distributes a set of n -dimensional vectors into groups so that vectors⁶ of the same group are “closer” to each other than vectors of different groups. In this way, we obtained significant results [16]. Unfortunately, cluster analysis is not free of subjectivity associated with the choice of clustering method and metrics; this

⁶ The components of (9-dimensional) vectors are here the frequencies of one or another first significant digit in the analyzed texts.

choice cannot be strictly justified (meanwhile, it critically affects the results obtained).

The approach described below is more reliable. As is known, the comparison of two or more empirical distributions (in our case, the distributions of the first significant digits of numerals in the texts by various authors) is related to checking the corresponding statistical hypotheses about the significance/insignificance of the differences between distributions [17].

We now formulate the hypotheses. The null hypothesis H_0 asserts that all the tested data sets are identically distributed. The alternative hypothesis H_1 : at least one data set is distributed differently from at least one other data set. It is convenient to perform the H_0 test using the non-parametric rank Mann-Whitney U-test and Kruskal-Wallis test⁷, the first of which considers two distributions, and the second is actually its generalization for the case of a larger number of distributions.

Thus, for Tolstoy's *Childhood* and *Adolescence*, for which the visual difference in the quota of the digit 1 is particularly noticeable (Figure 3), the Mann-Whitney test gives asymptotic significance (probability of H_0) $p = 0.757^8$. This value means that the differences are statistically insignificant. For all works by Tolstoy shown in fig. 3, Kruskal-Wallis test gives the asymptotic significance $p = 0.999$. This value, which is very close to 1, further confirms the H_0 hypothesis.

Unfortunately, non-parametric rank score tests in which statistical data are replaced by their ranks with inevitable partial loss of initial information, have, *ceteris paribus*, less power (resolution) than parametric tests. Confirming the visually observable significant differences between the distributions using the Mann-Whitney test is usually possible only when only the first significant digits 1, 2, 3 are left in the distributions. Because of the non-informative distributions of

⁷ Especially since for them there is an effective implementation in standard statistical packages.

⁸ Here and below, at a significance level of $\alpha = 0.05$ (unless otherwise indicated).

the higher significant digits {4, 5, ..., 9}, such truncation of the distribution range seems to be partly justified.

To confirm the differences between the distributions of the first significant digits in their entire range {1, 2, ..., 9}, we used the Pearson's parametric χ^2 test, which, among other various applications, is used as a test of homogeneity – it compares the distribution of counts for two or more groups using the same categorical variable. In the form we need, the corresponding procedure is missing in standard statistical packages, therefore we will describe it in detail using the examples of Dostoevsky's *A Little Hero* and *Poor People* texts, whose statistical characteristics are visually significantly different (Figure 4).

The initial statistics concerning the occurrence of different first significant digits in two texts are given in the Table 1.

Table 1

The empirical results of statistical text processing

first significant digit	<i>A Little Hero</i>		<i>Poor People</i>	
	frequency	relative frequency, %	frequency	relative frequency, %
1	65	63.11	148	46.84
2	26	25.24	66	20.89
3	6	5.83	35	11.08
4	1	0.97	19	6.01
5	5	4.85	22	6.96
6	0	0	4	1.27
7	0	0	11	3.48
8	0	0	6	1.90
9	0	0	5	1.58
	$\Sigma = 103$	$\Sigma = 100\%$	$\Sigma = 316$	$\Sigma = 100\%$

The Pearson chi-squared test can be successfully applied only if the frequency⁹ for each table cell is not less than 5, therefore some cells will have to be combined:

Table 2

Empirical results after combining cells

first significant digit	<i>A Little Hero</i>			<i>Poor People</i>			frequencies sum in line
	frequency	relative frequency %	cell label	frequency	relative frequency, %	cell label	
1	65	63.11	I	148	46.84	II	65+148 = 213
2	26	25.24	III	66	20.89	IV	26 + 66 = 92
3	6	5.83	V	35	11.08	VI	6 + 35 = 41
4 – 9	6	5.83	VII	67	21.20	VIII	6 + 67 = 73
	$\Sigma = 103$	$\Sigma = 100$		$\Sigma = 316$	$\Sigma = 100$		$\Sigma\Sigma = 419$

We now compare theoretical and empirical frequencies, taking into account that the number of numerals found in the texts is different: 103 in *A Little Hero* and 316 – in *Poor People*. So, out of the total number of $103 + 316 = 419$ numerals in two texts, the first one has the share $103/419 = 0.25$, and the second one – $316/419 = 0.75$. In all lines, the theoretical frequencies related to the first and second texts should be 0.25 and 0.75, respectively, of the total frequency in the corresponding line. If the tested empirical distributions do not differ from one another, the empirical frequencies should not significantly deviate from the theoretical ones, derived from this proportion.

We now rearrange the data of Table 2, placing the relative frequencies for both texts in the order indicated by the labels in one column (these will be empirical frequencies f_{emp}), and in the other column we place the theoretical frequencies f_{theor} calculated according to the previous as

⁹ Here, we should talk about the theoretical frequency; in table 3, with our manipulations with empirical frequencies this requirement is observed.

$$f_{\text{theor}} = \frac{(\sum \text{frequencies over the line}) \cdot (\sum \text{frequencies over the column})}{\sum \sum = 419}.$$

Table 3

Calculations for Pearson's chi-squared test

cell	empirical frequency f_{emp}	theoretical frequency f_{theor}	$(f_{\text{emp}} - f_{\text{theor}})^2 / f_{\text{theor}}$
I	65	$213 \cdot 103 / 419 = 52.36$	3,05
II	148	$213 \cdot 316 / 419 = 160.64$	0,99
III	26	$92 \cdot 103 / 419 = 22.62$	0,51
IV	66	$92 \cdot 316 / 419 = 69.38$	0,17
V	6	$41 \cdot 103 / 419 = 10.08$	1,65
VI	35	$41 \cdot 316 / 419 = 30.92$	0,54
VII	6	$73 \cdot 103 / 419 = 17.95$	7,95
VIII	67	$73 \cdot 316 / 419 = 55.05$	2,59
	$\Sigma = 419$	$\Sigma = 419$	$\Sigma = 17.45 = \chi^2_{\text{emp}}$

When comparing empirical distributions according to Pearson's test, the number of degrees of freedom $df = (r - 1)(c - 1)$ should be taken into account, where r is the number of lines in the empirical frequency table (after combining the cells, $r = 4$ – see table 2), c is the number of compared distributions ($c = 2$). So, the number of degrees of freedom is $df = (4 - 1)(2 - 1) = 3$. With such df , the table critical values of χ^2 distribution for two significance levels α are

$$\chi_{cr}^2 = \begin{cases} 7.815 (\alpha = 0.05), \\ 11.345 (\alpha = 0.01). \end{cases}$$

Since the empirical value $\chi_{emp}^2 = 17.45$ exceeds each of these critical ones, the null hypothesis H_0 is rejected even at a significance level $\alpha = 0.01$; empirical distributions are significantly different.

For Tolstoy's *Childhood* and *Adolescence*, whose frequency characteristics do not differ significantly in the non-parametric Mann-Whitney test, the Pearson's test gives the same result ($\chi_{emp}^2 < \chi_{cr}^2$) at the significance level $\alpha = 0.05$.

Below, we use the method presented here.

6. Texts authorship attribution. Authorship of "Novel with Cocaine"

For sixty years in literary criticism, the question of the authorship of "Novel with Cocaine", published in 1934 under the pseudonym "M. Ageyev", remained unresolved. In the absence of reliable information about the author and any other significant publications under this name, the hypothesis of literary mystification has spread. By virtue of a certain genre and stylistic closeness of the "Novel with Cocaine" to the early novels by V. Nabokov, M. Ageyev's novel began to be attributed to him. In the 1990s, some previously unknown archival materials [18] were published which refuted this hypothesis. Although this particular authorship question has already been removed, let us show the results of our methodology.

Below, the results of the statistical study of "Novel with Cocaine" and the main Russian-language works by Nabokov are presented in chronological order (Figure 9).

Note a significant difference¹⁰ in the occurrence of the significant digit 1 in Ageyev's novel and in Nabokov's ones. Considering the length of the analyzed texts, this difference can hardly be explained by random fluctuations (as opposed to subsequent significant digits, for which even the texts by the same author do not show a general pattern). These are characteristic author's style differences.

¹⁰ Pearson's test confirms the significance of the difference between the statistical data of texts No. 1 and No. 4 in Figure 9 at $\alpha = 0.05$.

Fig. 9. Distribution of the first significant digits of numerals in “Novel with Cocaine” by M. Ageyev and the Russian-language works by V. Nabokov

We tend to associate them with psychological peculiarities that, regardless of the author’s will and consciousness, influence his texts. Let's pay attention to how V. Nabokov, literally, develops his own style: columns 2 and 3 (*Mary*, and *King, Queen, Knave*) have frequency characteristics of digit *one* that are significantly different from the subsequent columns; starting from the 3rd column, only minor variations of the frequency characteristics remain.

It is interesting to note that in the text of *Mary* the occurrence of *one* as the first significant digit is lower than that prescribed by Benford's Law (a rare case in our text processing practice!).

So, the statistical method, based on counting the occurrence of the first significant digits of the numerals, is able to answer the question about the text authorship.

7. Authorship of Federalist papers

The so-called Federalist papers have become a touchstone for new methods of authorship attribution. The Federalist papers are a set of newspaper essays published 1787–88 by an anonymous author named *Publius* in favour of the ratification of the newly proposed Constitution of the USA. It has since become known that *Publius* was a pseudonym for a group of John Jay, Alexander Hamilton, and James Madison. It is now generally accepted that of the 85 essays, Jay wrote five, Madison wrote 14, and Hamilton – 51, with three more essays written jointly by Madison and Hamilton.

The other 12 essays, the famous “disputed essays”, have been claimed by both Madison and Hamilton.

Modern scholarship is almost unanimous in assigning authorship of the disputed essays to Madison on the basis of traditional historical methods. Mosteller and Wallace [19] were able to make this determination purely on the basis of the statistical analysis.

The Federalist Papers are a perfect object for testing new methods of authorship attribution. First, the documents are easily accessible, including over the Internet. Second, the candidate set for authorship is well-defined; the author of the disputed papers is known to be either Hamilton or Madison. Third, the undisputed papers provide excellent samples of text written by the same authors, at the same time, on the same topic, in the same genre.

We have tested our technique on this problem assuming the attribution by Mosteller and Wallace.

Fig. 10. The distribution of first significant digits of numerals in the texts of Federalist papers

As is seen from Figure 10, the author peculiarities of numerals usage are well discernible. Pearson's test confirms the significance of the differences between Hamilton's and Madison's texts at $\alpha = 0.05$.

8. The problem of *And Quiet Flows the Don*

Another well-known problem of the text attribution is the question of the authorship of the novel *And Quiet Flows the Don* and, more broadly, of the entire M. Sholokhov's literary heritage. There are strong arguments for and against plagiarism version. The linguistic and statistical study of the novel revealed an extremely heterogeneous text. Many different candidates were put forward for the role of the true authors of its eight parts with more or less persuasiveness. There are also doubts about the authorship not only of *And Quiet Flows the Don*, but also of the subsequent novels *Virgin Soil Upturned* and *They Fought for Their Country* [20].

Without going into detail in a philological review of the state of the problem, we present the results of a statistical study using our methodology.

First, we carried out a statistical analysis of the three novels by Sholokhov

(Figure 11). The distribution of the first significant digits of the numerals in *And Quiet Flows the Don*, on the one hand, and Sholokhov's two other novels (*Virgin Soil Upturned*, books I and II, *They Fought for Their Country*), on the other hand, is very different, although usually this distribution is stable for an author. Pearson's test confirms the significance of these differences (between No. 1 and No. 2 – at $\alpha = 0.05$; between No. 1 and No. 4 – even at $\alpha = 0.01$).

This result necessitated the separate analysis of the eight parts of *And Quiet Flows the Don*. The analysis shows that *Virgin Soil Upturned* and *They Fought for Their Country* could have been written by one author, but, probably, *And Quiet Flows the Don*, firstly, has another authorship, and, secondly, the authorship does not pertain to a single person.

These conclusions are consistent with the results briefly described above which were obtained by other (mostly philological) methods.

So, our statistical method can be useful in solution of the problem of texts authorship.

**Fig. 11. Distribution of the first significant digits of numerals in the novels
And Quiet Flows the Don, Virgin Soil Upturned,
They Fought for Their Country**

9. Literary heritage of Nikolai Ostrovsky

Nikolai Ostrovsky's novel *How the Steel was Tempered* is considered one of the most influential works of Communist literature. The peculiarities of the origin of this and other Nikolai Ostrovsky's novels made it possible to doubt his authorship. There are many people who participated in the preparation of his books: from copying manuscripts to deep literary editing of the original texts. Ostrovsky himself testified about the great help provided by the writer Anna Karavaeva during the work on the novel *How the Steel was Tempered*, so that some attributed to her almost the authorship of this text.

In Figure 12, a comparative statistical analysis of the texts by Ostrovsky and Karavaeva is presented. Under the title "Karavaeva, Vol. 1" there are texts that are included in the 1st volume of the 5-volume collected works of A. Karavaeva [21]; *Motherland* is a trilogy (*Lights*, *Takeoff*, *Native Home*), in 3rd and 4th volumes of this collection [22, 23]. Note that Karavaeva's texts are extremely homogeneous from the point of view of statistics of the first significant digits of numerals, while they differ significantly from Ostrovsky's texts (Pearson's test confirms the difference between No. 1 and No. 4 at $\alpha = 0.05$).

The hypothesis about Karavaeva's fundamental role in the preparation of Ostrovsky's texts is not confirmed. Of course, this does not prove the authorship of Ostrovsky himself.

Fig. 12. Distribution of the first significant digits of numerals in Ostrovsky's novels *How the Steel was Tempered*, *Born by the Storm*, and in texts by Karavaeva

10. Methodology verification: N. Nekrasov's early prose

The novels *Three Parts of the World* and *Dead Lake* make it possible to test our ideas that the text authorship is related to its statistical characteristics. These novels were written by N. Nekrasov, incomparably better known as a poet, at the beginning of his literary career together with A. Panaeva and were first published in 1848-1849 and 1851, respectively.

The manuscripts of these novels have not been preserved; therefore, the authors' testimonies are significant if the question is about their labor distribution. It is reported in Panaeva's *Memoirs* that both Nekrasov and she took part in the creation of the novel *Three Parts of the World*; as for the *Dead Lake*, Nekrasov's participation was limited to the development of the plot and the writing of a small

part of the text. Guided by philological considerations, literary critics, contrary to A. Panaeva's testimony, see in both novels a substantial part of the text written by Nekrasov (specifying certain chapters) [24, 25].

We calculated the frequencies of various first significant digits of numerals in the parts of each novel attributed by literary critics to specific authors (Nekrasov or Panaeva), and, for comparison, a similar analysis for Panaeva's *Memoirs* and early prose works¹¹, whose sole author is Nekrasov (Figure 13).

From the point of view of the occurrence of digit *one* as the first significant digit, the six groups of texts presented in Figure 12 are clearly divided into two subsets, one of which includes groups Nos. 1–4, and the other – Nos. 5, 6. According to Pearson's test, the differences between any two groups of the first subset are not significant: $\chi_{\text{emp}}^2 < \chi_{\text{cr}}^2$ at $\alpha = 0.05$. Between No. 3 and No. 5, the differences are significant even at $\alpha = 0.01$.

Fig. 13. Distribution of the first significant digits of numerals in the texts by Nekrasov and Panaeva

¹¹ The compiled text, indicated in Figure 12 as Nekrasov's early literary prose, includes *A Tale of Poor Klim*; *Life and Adventures of Tikhon Trostnikov*; *Surguchev*; *A Thin Man, His Adventures and Observations*; *On the same day at eleven in the morning ...* [26].

Some conclusions:

1) The distributions of the first significant digits of numerals in the parts of the *Dead Lake* attributed, respectively, to Nekrasov and to Panaeva are generally similar and comparable with the results for the portion of *Three Parts of the World* attributed to Panaeva. Similar results were obtained for Panaeva's *Memoirs*.

2) The distribution of the first significant digits of numerals in the portion of *Three Parts of the World* attributed to Nekrasov differs significantly from the four distributions mentioned above, but is similar to the results for Nekrasov's early literary prose. Panaeva's contribution in the writing of this part of the novel is also possible.

3) It follows that the different parts of *Dead Lake* were probably written by one author, namely, by Panaeva, and the different parts of *Three Parts of the World* really have different authorship.

4) So, there is no reason not to trust Panaeva's testimony about the process of writing her two joint novels with Nekrasov.

11. Statistical characteristics of translated texts

As noted in the introduction, our stylometric method has an obvious difficulty in applying to texts written in a language in which the numeral *one* coincides with undefined article (such as *ein* in German or *un* in French). It turns out that after the translation into an intermediary language, in which there is no such difficulty, the basic statistical laws of the original source text are preserved. We made such a conclusion by analyzing a large amount of English-language literary texts and their Russian translations. For example, we give a bar chart for the novels of H. Wells in the English original version and in Russian translations (Figure 14).

Fig. 14. Distribution of the first significant digits of numerals in H. Wells' novels and in their Russian translations

The absolute values of occurrence frequencies of any first significant digit in the original and in the translation do not coincide¹², but the frequency ratio in different texts is preserved. It is noted down to digit 3 inclusive.

Such an obvious conservatism greatly expands the possibilities of applying our method.

12. *Gone with the Wind* by M. Mitchell and pastiches

Margaret Mitchell's novel spawned a wave of imitations. The results of statistical processing of the original and two pastiches (both found on the Internet in free access) are presented in Figure 15.

¹² Due to differences in the structure of different languages, the requirement for complete coincidence of frequency characteristics in texts in different languages would be excessive (this is noted in the pioneer book on quantitative linguistics by Herdan [27]).

Fig. 15. Distribution of the first significant digits of numerals in the novel by M. Mitchell *Gone with the Wind* (No. 3) and in its imitations by D. McCaig *Rhett Butler's People* (No. 1) and A. Ripley's *Scarlett* (No. 2)

Statistically, A. Ripley's novel is insignificantly different from the original by M. Mitchell, while the difference between D. McCaig's novel and the original is significant (at $\alpha = 0.05$). By the way, among all the pastiches, Ripley's novel is considered *the closest* in style to the original.

So, the common theme and the desire to write "like the original" do not always guarantee the closeness of the statistics of the distribution of first significant digits.

This conclusion follows from other texts analysis, too [8, 9].

13. Literary mystifications

We now consider a situation to some extent opposite to the previous one. There are cases when a writer who has acquired literary fame publishes new works under a pseudonym, trying to create in a different style. Let us examine if these attempts are indeed successful.

G. Chkhartishvili publishes literary-critical and publicist works under his real name, but since 1998, the general public knows his fiction signed by the pseudonym “B. Akunin”. In 2012, Chkhartishvili admitted that he was the author of literary works published under the pseudonyms of Anatoly Brusnikin and Anna Borisova. Figure 16 shows the results of a comparative analysis of his literary works, published under different names.

Fig. 16. Distribution of the first significant digits of numerals in G. Chkhartishvili’s novels, signed by three pseudonyms

The novels written almost simultaneously by “A. Borisova” and “A. Brusnikin” are not similar in statistical characteristics either to each other or to the Akunin’s novels. Note the phenomenally low proportion of the first significant digit *one* in Akunin’s texts. It is comparable to that prescribed by Benford’s Law (1).

The French novelist Romain Gary, known for his literary mystifications, worked under several names. We analyzed his texts in translations into the

intermediate language – Russian. Here, the statistical characteristics of works signed with different names, in general, are close (Figure 17).

So, the author's conscious intention to write “otherwise” may affect the use of numerals in his texts, but there is no general pattern here.

Fig. 17. Distribution of the first significant digits of numerals in Gary's novels, signed by his various literary names

14. The extension of the numerals analysis. Dobychin vs. Platonov

Starting from the above analysis of statistics of the first significant digits of numerals, we now make a *further step* to the analysis of the use of the *numerals themselves* in the authorial texts. The first of the two approaches can be considered a convolution of the latter. Each approach has its advantages and disadvantages:

- The analysis of the statistics of the first significant digits is only applicable to the significant digits 1, 2, and 3, since the occurrence of subsequent

digits is subject to strong fluctuations even in the texts of the same author. Thus, only a *small* part of the statistical information on the numerals contained in the text is available for analysis.

- On the other hand, the information here is presented in a *generalized* form, allowing to smooth the specific occasional features of numerals usage in individual texts by the author.
- Analysis of the use of the numerals themselves (and not the first significant digits) gives a *richer* information about an author's peculiarities of the text and, to a large extent, is not blocked by indistinguishability of the numeral *one* and the indefinite article.
- However, the analysis of numerals statistics is more difficult.

We now give a comparative example of the application of the original and advanced analysis methods.

The literary texts of L.I. Dobychin and A.P. Platonov are distinguished by a sharp stylistic originality; one finds common literary sources in the Russian fiction and analogues in foreign literature [28]. Figure 18 shows the frequency distribution of the first significant digits of the numerals in the most voluminous works by Dobychin and Platonov.

Fig. 18. Distribution of relative occurrence frequencies of the first significant digits of numerals in the texts by L. Dobychin and A. Platonov

The first significant digits 1, 2, 3 are characterized by a sharp difference in occurrence in the texts of Dobychin, on the one hand, and Platonov, – on the other. This visual difference is confirmed by Pearson's statistical test. Thus, the analysis of the distribution of the first significant digits indicates undoubted style differences in the texts of the two authors. The method is convenient for quickly checking whether a certain group of texts belongs to one author: in the case of significant differences in the statistical distributions, single authorship is doubtful.

The results of applying the advanced statistical method that analyzes the occurrence of the numerals themselves are incomparably richer. Figure 19 shows the absolute frequencies of numerals from the range [0, 100] in the same texts by Dobychin and Platonov. Since the analyzed texts have different sizes, correction coefficients were used to equalize the results on the occurrence of numerals.

Some of the results:

- Platonov in his literary texts more likely uses numerals than Dobychin.
- Platonov less often resorts to rounding of numerals (10, 20, 30, ...), which, in conjunction with item 1, can indirectly indicate a greater tendency to detail.
- The numeral *one* (in different word forms) is the undisputed leader among the numerals found in Platonov's texts. But in the texts by Dobychin, the numeral *one* is inferior in frequency to the numeral *two*!
- Note the psychologically understandable rarefaction of a number of numerals and a decrease in their occurrence as they increase, as well as a noticeable local maximum at the numeral 100 which, of course, plays the role of an indefinitely large number.

15. Who wrote '*The Twelve Chairs*'?

The literary work of I. Ilf and E. Petrov has repeatedly become the subject of discussion. The novels *The Twelve Chairs* and *The Little Golden Calf* are full of literary allusions; thematically and stylistically they are related to the texts by V. Kataev, M. Bulgakov, Yu. Olesha, and others [29]. There is nothing comparable to these two works in the literary heritage of Ilf and Petrov. According to the radical point of view [30], Ilf and Petrov are the fake authors of *The Twelve Chairs* and *The Little Golden Calf*, and they were ghosted by Bulgakov. In this section, we will apply our methodology to a comparative analysis of the corpus of literary texts by Ilf and Petrov. Along the way, we study Kataev's *The Lord of Iron* (1924) and *The Embezzlers* (1926), contemporary to *The Twelve Chairs* (1928) and *The Little Golden Calf* (1931), as well as Bulgakov's *The Master and Margarita*.

The numerals extracted from the texts we displayed on frequency graphs, which directly allowed us to draw conclusions about the author's style. Information about numerals found in texts was also systematized using the

hierarchical cluster analysis. The farthest neighbour clustering was used (which exaggerates differences but provides clearly defined clusters).

Fig. 19. Absolute frequencies of numerals from the range [0, 100] in the texts by Dobychin and Platonov (texts are in the same sequence as in Fig. 18)

The smaller the difference in the occurrence of the same numbers in two texts, the greater the similarity (the smaller the "distance" ρ) between these texts, so the Manhattan metric was used

$$\rho(x, y) = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|, \quad (2)$$

where $\mathbf{x}$ and $\mathbf{y}$ are n -dimensional vectors whose components are the absolute frequency of occurrence of the first n natural numbers found in both analyzed texts.

Fig. 20 shows the frequency distribution of numerals in Ilf and Petrov's *The Twelve Chairs* and *The Little Golden Calf*, as well as in Bulgakov's *The Master and Margarita*, and Kataev's *The Embezzlers* and *The Lord of Iron*. For clarity, we restrict the graph to the range [1; 50] on the horizontal axis; the conclusions formulated below are valid for the entire set of numerals found.

Some conclusions directly following from the figure:

1. For all the analyzed texts, there are peaks in the occurrence of "round" numbers 10, 20, ... , 100, 200, ...

2. In the texts by Ilf and Petrov, as well as in Bulgakov's *The Master and Margarita*, the numeral 1 has the highest frequency (which is consistent with Benford's Law), but in Kataev's texts the number 2 leads.

3. Between *The Twelve Chairs* and *The Little Golden Calf*, there is a conspicuous similarity in the numerals frequency (we will return to this later – see the conclusions to Figs. 21 and 22).

4. These two texts are characterized by the greatest variety of numerals.

5. On the contrary, Kataev's texts are distinguished by the least variety of numerals.

6. In terms of the variety of numerals, *The Master and Margarita* occupy an average position, but the frequencies of the numerals (after the initial frequent *ones* and *twos*) are usually lower than in other texts analyzed. In fact, many numbers occur once.

Based on the frequency distributions of numerals in the works by Ilf and Petrov included in their 5-volume collection of works [31], we performed clustering and built a dendrogram (Fig. 21).

Fig. 20. Frequency distribution of numerals in the texts: α : Ilf and Petrov, The Twelve Chairs; β : Ilf and Petrov, The Little Golden Calf; γ : Bulgakov, The Master and Margarita; δ : Kataev, The Embezzlers; ϵ : Kataev, The Lord of Iron

Fig. 21. Results of hierarchical cluster analysis based on the occurrence of numerals in the texts by Ilf and Petrov. The horizontal scale indicates the “distance” between clusters in conventional units. Texts Nos. 1–7, combined into clusters, are indicated in the article

It turned out that all the analyzed texts contained natural numbers in the [1; 12] range; the frequencies of these numbers were used for clustering; $n = 12$ in the formula (2). The numbers to the left of the dendrogram refer to the following texts:

- 1) *The Twelve Chairs*; a joint work by Ilf and Petrov, 1927-28; vol. 1 [31],
- 2) Joint works 1932-37 (stories, feuilletons, articles, speeches, vaudevilles, screenplays) by Ilf and Petrov, included in vol. 3,
- 3) *The Little Golden Calf*; a joint work by Ilf and Petrov, 1929-30; vol. 2,
- 4) Works (stories, essays, feuilletons) written individually by Petrov in 1924-32 and included in vol. 5,
- 5) Works (essays, articles, memoirs) written individually by Petrov in 1937-42 and included in vol. 5,

6) *One-storied America* (travel essays; sometimes translated as *Little Golden America*), 1936, vol. 4,

7) Works (stories, essays, feuilletons) written solely by Ilf in 1923-29, as well as his notebooks from 1925-37, included in vol. 5.

From the dendrogram, it is clear that the closest (in terms of the use of numerals) are Nos. 1 and 2 – joint, mainly literary texts; to this initial cluster, No. 3 is soon added with the same characteristic. Nos. 5 and 6 – late non-fiction works – form the next cluster, internally not as unified as the cluster {1, 2, 3}. At the last stage, No. 7 is added to the cluster – texts by Ilf.

So, from Fig. 21 it follows that the analysis of the use of numerals in texts can distinguish between genres and “feel” the authorship of texts.

Fig. 22. The results of hierarchical cluster analysis based on the occurrence of numerals in texts by Ilf and Petrov (Nos. 1, 2), Kataev (Nos. 3, 4), and Bulgakov (No. 5). The horizontal scale indicates the “distance” between clusters in conventional units. Texts Nos. 1-5, combined into clusters, are indicated in the article

Fig. 22 shows the results of hierarchical cluster analysis of the occurrence of numerals (again from the range [1; 12], as in Fig. 21) in the novels *The Twelve Chairs* (No. 1) and *The Little Golden Calf* (No. 2) by Ilf and Petrov, as well as in the works of writers who were named as possible true authors of these two novels – *The Embezzlers* (No. 3) and *The Lord of Iron* (No. 4) by Kataev, and Bulgakov's *The Master and Margarita* (No. 5). Clustering took place in accordance with the generally accepted authorship of the texts. The distance between clusters {1, 2} and {3, 4}, not to mention the height of fusion with No. 5 – is so great that it casts doubt on the hypothesis that Bulgakov or Kataev wrote *The Twelve Chairs* and *The Little Golden Calf*. Of course, taken separately, the results of Fig. 5 do not confirm the authorship of Ilf and Petrov themselves, but the results of Fig. 4 indirectly indicate their authorship. Note that in the article [32], based on formal accounting of statistics of service words in texts of *The Twelve Chairs* and *The Master and Margarita*, the hypothesis [30] that Bulgakov is the author of *The Twelve Chairs* is also questioned.

So, the analysis of the use of numerals in texts can be used to test the authorship of texts.

16. Authorial Turkish-language texts

In this section, for the first time we consider the application of our method to Turkish – a language not pertaining to the Indo-European family of languages.

We studied the literary texts by Orhan Pamuk and Yaşar Kemal – two of Turkey's most prominent novelists, the first of whom is the recipient of the 2006 Nobel Prize in literature, and the second one had been a candidate for that Prize.

We have analysed the following novels by Pamuk: 1) *Cevdet Bey ve Oğulları* (Cevdet Bey and His Sons, 1982),

2) *Sessiz Ev* (Silent House, 1983),

3) *Beyaz Kale* (The White Castle, 1985),

4) *Kara Kitap* (The Black Book, 1990),

- 5) *Yeni Hayat* (The New Life, 1994),
- 6) *Benim Adım Kırmızı* (My Name is Red, 1998),
- 7) *Kar* (Snow, 2002),
- 8) *Masumiyet Müzesi* (The Museum of Innocence, 2008),
- 9) *Kafamda Bir Tuhaflık* (A Strangeness in My Mind, 2014),
- 10) *Kırmızı Saçlı Kadın* (The Red-Haired Woman, 2016).

We have also analysed the following non-fiction texts by Pamuk:

- 11) *İstanbul: Hatıralar ve Şehir* (Istanbul: Memories and the City; memoirs, 2003),
- 12) *Babamın Bavulu* (My Father's Suitcase; the Nobel lecture, 2007),
- 13) *Manzaradan Parçalar: Hayat, Sokaklar, Edebiyat* (Pieces from the View: Life, Streets, Literature; essays, 2010),
- 14) *Saf ve Düşünceli Romancı* (Naive and Sentimental Novelist; literary criticism, 2011).

Kemal's novels analysed are: 15) *İnce Memed* (Slim Memed, 1955),

- 16) *Yer Demir Gök Bakır* (Iron Earth, Copper Sky, 1963),
- 17) *Ölmez Otu* (The Undying Grass, 1968),
- 18) *Akçasazın Ağaları/Demirciler Çarşısı Cinayeti* (The Agas of Akchasaz Trilogy/Murder in the Ironsmiths Market, 1974),
- 19) *Akçasazın Ağaları/ Yusufçuk Yusuf* (The Agas of Akchasaz Trilogy/Yusuf, Little Yusuf, 1975),
- 20) *Yılanı Öldürseler* (To Crush the Serpent, 1976),
- 21) *Allahın Askerleri* (God's Soldiers, 1978),
- 22) *Kuşlar da Gitti* (The Birds Have Also Gone, 1978),
- 23) *Fırat Suyu Kan Akıyor Baksana* (Look, the Euphrates is Flowing with Blood, 1997),
- 24) *Karıncanın Su İçtiği* (Ant drinking Water, 2002).

Based on the frequency distributions of numerals in the works by Pamuk and Kemal, we performed clustering and built a dendrogram (Fig. 23). In the formula (2), we assumed $n = 20$. The numbers to the left of the dendrogram refer to the texts listed above. The horizontal scale indicates the "distance" between clusters in conventional units.

Some conclusions directly following from the figure:

1. The genre differences are well marked – cf. the clusters 1–10 and 11–14 containing the fiction and non-fiction works by Pamuk.
2. Pamuk's texts are more uniform in the numerals usage than Kemal's ones.
3. Texts listed above are numbered chronologically – in the sequence of their appearance, and approximately so is the order of their inclusion in the cluster of fiction works by Pamuk. From this, it follows that there is a distinct evolution of numerals usage in his fiction works. In his non-fiction works, we do not see this pattern. This is understandable since the numeral usage in those works is strongly influenced by the work's topic.
4. The cluster of Kemal's (literary) texts is more loose, and his texts lack a strict chronological pattern of numerals usage.
5. The final fusion of all clusters is at a very high level. Pamuk's and Kemal's texts are non-similar in numerals usage.

Fig. 23. Results of hierarchical cluster analysis based on the occurrence of numerals in the texts by Pamuk and Kemal. The horizontal scale indicates the "distance" between clusters in conventional units. Texts Nos. 1–24, combined into clusters, are indicated in the article

So, the analysis of the use of numerals in texts can be used to test the authorship of texts and distinguish between genres.

17. Conclusion

1) The frequencies of occurrence of the first significant digits of numerals in coherent literary texts are not the same: the digit *one* sharply prevails; the occurrence of subsequent digits usually decreases gradually. This is found directly for texts in Russian, Czech, Lithuanian, English, and Turkish languages.

2) The frequencies of occurrence of the first significant digit 1, as well as digits 2 and 3 (to a lesser extent), are usually a characteristic peculiarity of the

author's style, consistently manifested in all (sufficiently long) literary texts of this author and proven by statistical tests.

3) Significant differences in these frequencies for given texts are an indication that the texts may have different authorship. Thus, the analysis of the frequencies of the first significant digits of the numerals can be used to solve the stylometric problems. Undoubtedly, frequencies similarity still does not prove the identity of authorship identity with absolute certainty.

4) The translation into another language does not violate the ratio of the frequencies of the first significant digits 1, 2, 3 (although it affects their absolute values). This expands the range of applicability of the proposed stylometric method to texts, in whose original language the indefinite article coincides with the numeral *one*: it is possible to analyze the translations of these texts into an intermediate language in which there is no such difficulty.

5) Taking into account the occurrence of numerals themselves (not the first significant digits) in literary texts can provide information about the author's, stylistic and genre features of texts. Sometimes, an analysis of the occurrence of numerals allows to reject the hypothesis of the common authorship of texts.

6) We believe that our methodology can be a useful addition to the traditional stylometric practices such as analysis of words and sentences length or analysis of certain words use, etc.

References

1. Tempestt N., Kalaivani S., Aneez F., Yiming Y., Yingfei X., and Damon W. Surveying Stylometry Techniques and Applications // ACM Comput. Surv., 2017, 50(6), Article 86, 36 pages. <https://doi.org/10.1145/3132039>.
2. Burrows, J. (2002). Delta: a measure of stylistic difference and a guide to likely authorship. *Literary and Linguistic Computing*, 17(3), 267–287.

3. Brocardo M.L., Traore I., Woungang I., Obaidat M.S. Authorship verification using deep belief network systems, *Int. J. Commun. Syst.* 2017. doi:10.1002/dac.3259.
4. Benford F. The law of anomalous numbers, *Proceedings of American Philosophical Society*. 1938. vol. 78. no. 4. pp. 551–572.
5. Berger A., Hill T.P. *An Introduction to Benford's Law*, Princeton: Princeton University Press. 2015. 250 p.
6. Nigrini M.J. *Benford's Law: applications for forensic accounting, auditing, and fraud detection*, Hoboken: John Wiley & Sons. 2012. xix + 330 p.
7. Benford Online Bibliography: <http://benfordonline.net/>
8. Zenkov A.V. A novel method of stylometry based on the statistic of numerals, *Computer Research and Modeling*. 2017. vol. 9, No. 5, p. 837–850 (In Russ.).
9. Zenkov A.V. A Method of Text Attribution Based on the Statistics of Numerals, *Journal of Quantitative Linguistics*. 2018. vol. 25, No. 3. p. 256–270. DOI: 10.1080/09296174.2017.1371915.
10. Zenkov A.V., Místecký M. The Romantic Clash: Influence of Karel Sabina over Macha's *Cikani* from the Perspective of the Numerals Usage Statistics, *Glottometrics*. 2019, Vol. 46, p. 12–28.
11. Konrad N.I. *Essays on Japanese literature. Articles and research*. Moscow: Khudozhestvennaia literatura Publ., 1973. 462 p. (In Russ.).
12. *Russian romantic novel*. Moscow: Khudozhestvennaia literatura Publ., 1989. 384 p. (In Russ.) [Texts by A. Pogorelsky, V. Titov, M. Pogodin, N. Melgunov, E. Baratynsky, A. Bestuzhev (Marlinsky), N. Polevoy, M. Zagoskin, E. Rostopchina, V. Olin, N. Kukolnik, V. Odoyevsky, E. Burnet (A. Zhukovsky)].
13. *Fascinated by the Book. Russian writers on books, reading, bibliophiles*. Moscow: Kniga Publ., 1982. 287 p. (In Russ.) [Texts by N. Novikov, A. Radishchev, N. Strakhov, B. Berezaysky, N. Karamzin, V. Zhukovsky, P.

Yakovlev, A. Pushkin, V. Odoyevsky, A. Herzen, N. Ivanchin-Pisarev, P. Yefebovsky, N. Nekrasov, F. Dostoevsky, M. Mikhailov, N. Leikin, G. Uspensky, D. Mordovtsev, A. Chekhov, D. Mamin-Sibiryak, V. Korolenko, A. Gorky, L. Andreev, I. Bunin, A. Remizov].

14. Under clear stars. The Soviet story of the thirties. Moscow: The Moscow worker Publ., 1983. 130 p. (In Russ.) [Texts by A. Gorky, P. Romanov, N. Tikhonov, A. Fadeev, V. Kaverin, L. Nikulin, I. Babel, M. Kolosov, B. Lavrenev, I. Sokolov-Mikitov, L. Seifullin, M. Slonimsky, A. Green, Yu. Olesha, B. Levin, P. Pavlenko, V. Veresaev, S. Sergeev-Tsensky, A. Kuprin, K. Paustovsky, V. Ivanov, N. Nikitin, O. Forsch, V. Kataev, M. Zoshchenko, I. Ilf and Ye. Petrov, V. Shishkov, I. Kasatkin, V. Ovechkin, V. Ilyenkov, A. Serafimovich, A. Platonov, L. Sobolev, I. Kataev, V. Lidin, A. Yakovlev, N. Lyashko, A. Peregudov, K. Fedin, A. Gaidar, A. Makarenko, B. Gorbатов, S. Dikovsky, M. Prishvin].

15. The Best American Humorous Short Stories, by G.P. Morris, E.A. Poe, C.M.S. Kirkland, E. Leslie, G.W. Curtis, E.E. Hale, O.W. Holmes, M. Twain, H.S. Edwards, R.M. Johnston, H.C. Bunner, F.R. Stockton, F. Bret Harte, O. Henry, G.R. Chester, G. MacGowan Cooke, W.J. Lampton, W. Hastings. The Project Gutenberg eBook, <http://www.gutenberg.org>, eBook #10947.

The Short-story, by W. Irving, E.A. Poe, N. Hawthorne, F. Bret Harte, R.L. Stevenson, R. Kipling. The Project Gutenberg eBook, transcribed from the 1916 Allyn and Bacon edition, <http://www.gutenberg.org>, eBook # 21964.

The Lock and Key Library, Classic Mystery and Detective Stories, by R. Kipling, A. Conan Doyle, E. Castle, S.J. Weyman, W. Collins, R.L. Stevenson. The Project Gutenberg eBook, transcribed from the 1909 Review of Reviews Co. edition, <http://www.gutenberg.org>, eBook # 2038.

Shorter Novels, Eighteenth Century. The History of Rasselas, The Castle of Otranto, Vathek, by S. Johnson, H. Walpole, W. Beckford. The Project Gutenberg

eBook, transcribed from the 1903 Aldine House edition, <http://www.gutenberg.org>, eBook # 34766.

The Best of the World's Classics, vol. V — Great Britain and Ireland, by J. Boswell, W. Wordsworth, W. Scott, S.T. Coleridge, R. Southey, W.S. Landor, C. Lamb, W. Hazlitt, T. De Quincey, Lord Byron, P.B. Shelley, G. Grote, T. Carlyle, Lord Macaulay. The Project Gutenberg eBook, transcribed from the 1909 Funk & Wagnalls Co. edition, <http://www.gutenberg.org>, eBook # 22182.

The Great English Short-Story Writers, Vol. 1, by D. Defoe, J. Hogg, W. Irving, N. Hawthorne, E.A. Poe, J. Brown, C. Dickens, F.R. Stockton, M. Twain, F. Bret Harte, T. Hardy, H. James, R.L. Stevenson. The Project Gutenberg eBook, transcribed from the 1910 Readers's Library edition, <http://www.gutenberg.org>, eBook # 10135.

A House to Let, by C. Dickens, W. Collins, E. Gaskell, A.A. Procter. The Project Gutenberg eBook, transcribed from the 1903 Chapman and Hall edition, <http://www.gutenberg.org>, eBook #2324.

Masterpieces of Mystery, vol. 1, Ghost Stories, by A. Blackwood, M. Rhodes James, K. Rickford, W.F. Harvey, R. Adams Cram, R.L. Stevenson, W.D. Steele. The Project Gutenberg eBook, transcribed from the 1920 Doubleday, Page & Co. edition, <http://www.gutenberg.org>, eBook # 27722.

16. Zenkov A.V. A New Statistical Method of Text Attribution, International Journal of Professional Science. 2017. No. 1. p. 6–21.

17. Pollard J.H. A handbook of numerical and statistical techniques. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1977.

18. Sorokina M.Yu., Superfin G.G., 'There was a writer Ageyev' ...: a version of the fate or about the benefits of naive biographism. The past: Historical almanac, vol. 16, Moscow, St. Petersburg: Phoenix-Athenaeum, 1994, pp. 265–289. (In Russ.).

19. Mosteller F., Wallace D. L. (1963) Inference in an Authorship Problem. *Journal of the American Statistical Association*, 58(302), p. 275–309.
20. New on Mikhail Sholokhov: Research and Materials, Kuznetsov F.F. et al. (Eds.). Moscow: Institute of World Literature. 2003, 450 p. (In Russ.).
21. Karavaeva A.A. Collected Works in five volumes. Moscow: State Publishing House of Fiction. 1957. vol. 1. 588 p. (In Russ.).
22. Karavaeva A.A. Collected Works in five volumes. Moscow: State Publishing House of Fiction. 1957. vol. 3. 546 p. (In Russ.).
23. Karavaeva A.A. Collected Works in five volumes. Moscow: State Publishing House of Fiction. 1957. vol. 4. 776 p. (In Russ.).
24. Nekrasov N.A. Three Parts of the World. Yaroslavl: Upper Volga Book Publishers. 1965. 836 p. (In Russ.).
25. Nekrasov N.A. The Dead Lake. Complete works and letters in 15 volumes, vol. 10, part I. Leningrad: Nauka. 1985. (In Russ.).
26. Nekrasov N.A. Narrative prose. Unfinished novels and stories 1841–1856, Complete works and letters in 15 volumes, vol. 8, Leningrad: Nauka. 1984. (In Russ.).
27. Herdan G. Quantitative Linguistics. London: Butterworths. 1964. xvi + 284 p.
28. Eidinova V.V. A. Platonov and L. Dobychin: Stylistic Convergence and Repulsion. Andrei Platonov's "Land of Philosophers": Problems of Creativity. Anniversary Issue 5: Based on the materials of the International Scientific Conf. dedicated to the 50th anniversary of the death of A.P. Platonov. April 23–25, 2001. Moscow. 2003. p. 211–219 (In Russ.). Эйдинова В.В. А. Платонов и Л. Добычин: стилевые схождения и отталкивания // «Страна философов» Андрея Платонова: проблемы творчества. Вып. 5. Юбилейный: По материалам Междунар. науч. конф., посвященной 50-летию со дня кончины А.П. Платонова. 23–25 апреля 2001 года. Москва. – М., 2003. С. 211–219.

29. Щеглов Ю.К. Романы Ильфа и Петрова. Спутник читателя. – СПб: Издательство Ивана Лимбаха, 2009. – 656 с. ISBN 978-5-89059-134-0.
30. Амлински И. 12 стульев от Михаила Булгакова. – Berlin: Kirschner Verlag, 2013. – 328 с. ISBN: 978-3-00043-284-2.
31. Ильф И., Петров Е. Собрание сочинений в пяти томах. – М.: Художественная литература, 1961.
32. Миронова Л.Б., Верещагина О.В. К вопросу об авторстве романа «Двенадцать стульев», Балтийский гуманитарный журнал. 2019. Т. 8. № 1(26), С. 108–110.

Примечание

Работа поддержана грантом РФФИ, проект № 19-012-00199А «Новый метод атрибуции текстов на основе статистики числительных»

А.В. Зенков, Е.В.Зенков, М.А.Зенков, 2021

Коллектив авторов:

Вовк Е.В., Горбунова Н.В., Зенков А.В., Зенков Е.В., Зенков М.А.,
Исмаилов К., Ляменков А.К., Новикова А.В., Ушаков Е.В.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**РАЗВИТИЕ ОБЩЕСТВА И НАУКИ
В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ**

Монография

Подписано в печать 19.08.2021.

Тираж 500 экз.

Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л. 11,63.

МЦНП «Новая наука»

185002, г. Петрозаводск

ул. С. Ковалевской д.16Б помещ. 35

office@sciencen.org

www.sciencen.org

НОВАЯ НАУКА

Международный центр
научного партнерства

NEW SCIENCE

International Center
for Scientific Partnership

МЦНП «НОВАЯ НАУКА» - член Международной ассоциации издателей научной литературы
«Publishers International Linking Association»

ПРИГЛАШАЕМ К ПУБЛИКАЦИИ

1. в сборниках статей Международных
и Всероссийских научно-практических конференций
<https://www.sciencen.org/konferencii/grafik-konferencij/>

2. в сборниках статей Международных
и Всероссийских научно-исследовательских,
профессионально-исследовательских конкурсов
[https://www.sciencen.org/novaja-nauka-konkursy/
grafik-konkursov/](https://www.sciencen.org/novaja-nauka-konkursy/grafik-konkursov/)

3. в составе коллективных монографий
[https://www.sciencen.org/novaja-nauka-monografii/
grafik-monografij/](https://www.sciencen.org/novaja-nauka-monografii/grafik-monografij/)

4. авторских изданий
(учебных пособий, учебников, методических рекомендаций,
сборников статей, словарей, справочников, брошюр и т.п.)
<https://www.sciencen.org/avtorskie-izdaniya/apply/>

<https://sciencen.org/>