ISSN 1829–0043

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՃԱՐՏԱՐԱԳԻՏԱԿԱՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ

Լ Ր Ա Բ Եֆ Ր

ԳԻՏԱՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀՈԴՎԱԾՆԵՐԻ

ԺՈՂՈՎԱԾՈՒ

В Е С Т Н И К

ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ АРМЕНИИ

СБОРНИК НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СТАТЕЙ

P R O C E E D I N G S

OF ENGINEERING ACADEMY OF ARMENIA

SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL

COLLECTED ARTICLES

XVI

ՀԱՏՈՐ ТОМ VOLUME

№ 1

ԵՐԵՎԱՆ ЕРЕВАН YEREVAN

2019

Հրատարակվում է Հայաստանի Ճարտարագիտական ակադեմիայի (ՀՃԱ) և Միջազգային Ճարտարագիտական ակադեմիայի (ՄՃԱ) Նախագահությունների որոշմամբ, ընդգրկված է Հայաստանի Հանրապետության Բարձրագույն որակավորման հանձնաժողովի (ՀՀ ԲՈՀ) կողմից **06.03.2012 վերանայված** ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԻ ԵՎ ԴՐՈՒՅԹՆԵՐԻ ՀՐԱՏԱՐԱԿՄԱՆ ՀԱՄԱՐ ԸՆԴՈՒՆԵԼԻ ՊԱՐԲԵՐԱԿԱՆ ԳԻՏԱԿԱՆ ՀՐԱՏԱՐԱԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՑՈՒՑԱԿՈՒՄ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՃԱՐՏԱՐԱԳԻՏԱԿԱՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԼՐԱԲԵՐ (ՀՃԱԼ)
ԽՄԲԱԳՐԱԿԱՆ ԽՈՐՀՈՒՐԴ

Գլխավոր խմբագիր՝ տ.գ.դ., պրոֆ. **Բ. ԳՈՒՍԵՎ (ՌԴ)**

Գլխ. խմբագրի առաջին տեղակալ՝ տ.գ.դ., պրոֆ. **Ս. ՄԻՆԱՍՅԱՆ (ՀՀ)**

Գլխ. խմբագրի տեղակալ՝ տնտ.դ., պրոֆ. **Վ. ԲՈՍՏԱՆՋՅԱՆ (ՀՀ),**

Պատ. քարտուղար՝ տ.գ.թ., դոց. **Ռ. ԲԱՐՍԵՂՅԱՆ (ՀՀ)**

Խմբագրական խորհրդի անդամներ տ. գ. դ. , պրոֆ. Ա. Անդրյուշին (ՌԴ), պրոֆ. Ի. Էմրի (Սլովենիա), ք.գ.դ., պրոֆ. Լ. Թավադյան (ՀՀ), պրոֆ. Բ. Կատալինիչ (Ավստրիա), ֆ. մ. գ. դ. , պրոֆ. Հ. Մաթևոսյան (ՀՀ), տ. գ. դ. , պրոֆ. Վ. Մելիքյան (ՀՀ), տ. գ. դ. , պրոֆ. Ա. Միխալեվիչ (Բելառուս), տ. գ. դ. , պրոֆ. Վ. Պետրոսյան, ֆ. մ. գ. դ. , պրոֆ. Ա. Սահակյան (ՀՀ), ք. գ. դ. , տ. գ. դ. , պրոֆ. Ն. Վորոպայ (ՌԴ), տ. գ. դ. , պրոֆ. Լ. Տանին (Բելառուս)

«ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՃԱՐՏԱՐԱԳԻՏԱԿԱՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԼՐԱԲԵՐ»-ի խմբագրական խորհուրդը շնորհակալություն է հայտնում «Եվրոպական ներդրումային ֆինանսական խմբի» նախագահ **ԷՌՆԵՍՏ ԱՌՈՒՍՏԱՄՅԱՆԻՆ ԼՐԱԲԵՐԻ** հրատարակման գործում ցուցաբերած օգնության համար:

Редакционный совет **“ВЕСТНИКА ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ АРМЕНИИ”** благодарит президента НП “Европейская Инвестиционная Финансовая Группа” **ЭРНЕСТА АРУСТАМЯНА** за оказанную помощь при издании **ВЕСТНИКА.**

Editorial council of **“PROCEEDINGS OF ENGINEERING ACADEMY OF ARMENIA”** expresses gratitude to the president of the “European Investment Finance Group” **ERNEST ARUSTAMYAN** for the help in publishing “PROCEEDINGS”.

© ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՃԱՐՏԱՐԱԳԻՏԱԿԱՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԼՐԱԲԵՐ (ՀՃԱԼ), 2019

Печатается согласно решению Президиумов Инженерной академии Армении (ИАА) и Международной инженерной академии (МИА), включен в список публикаций, принятых Высшей аттестационной комиссией (ВАК) РА

ВЕСТНИК ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ АРМЕНИИ (ВИАА)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Главный редактор	д.т.н., проф., **Б. Гусев (РФ)**
Первый заместитель гл. редактора	д.т.н., проф. **С. Минасян (РА)**
Заместитель гл. редактора	д.экон.н., проф. **В. Бостанджян** (РА)
Отв. секретарь	к.т.н., доц. **Р. Барсегян (РА)**
Члены редакционного совета	д.т.н., проф. А. Андрюшин (РФ), д.т.н., проф. Н. Воропай (РФ), проф. Б. Каталинич (Австрия), д.ф-м.н., проф. НАН РА Г. Матевосян (РА), д.т.н., проф. В. Меликян (РА), д.т.н., проф. А. Михалевич (Беларусь), д.т.н., проф. В. Петросян (РА), д.ф-м.н., проф. А. Саакян (РА), д.х.н., проф. Л. Тавадян (РА), д.т.н., проф. Л. Танин (Беларусь), проф. И. Эмри (Словения)

Printed according to the Decision of Engineering Academy of Armenia (EAA) and International Academy of Engineering (IAE), included into the list of publication accepted by the Highest Certifying Commission (HCC RA)

PROCEEDINGS OF ENGINEERING ACADEMY OF ARMENIA (PEAA)

EDITORIAL COUNCIL

Editor-in-chief	doctor of tech. sci., prof,, **B. Gusev (RF)**
First deputy Editor-in-chief	doctor of tech. sci., prof. **S. Minasyan (RA)**
Editor-in-chief deputy	doctor of econ. sci., prof. **V. Bostanjyan (RA)**
Responsible secretary	candidate of tech. sci., assoc. prof. **R. Barseghyan (RA)**
Members of the Editorial Council	doctor of tech. sci., prof. A. Andryushin (RF), prof. I. Emri (Slovenia), prof. B. Katalinic (Austria), doctor of phys.-mat. sci., prof. H. Matevosyan (RA), doctor of tech. sci., prof. V. Melikyan (RA), doctor of tech. sci., prof. A. Mikhalevich (Belarus), doctor of tech. sci., prof. V. Petrosyan (RA), doctor of phys.-mat. sci., prof. A. Sahakyan (RA), doctor of tech. sci., prof. L. Tanin (Belarus), doctor of chemical sci., prof. L. Tavadyan (RA), doctor of tech. sci., prof. N. Voropai (RF)

© ВЕСТНИК ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ АРМЕНИИ (ВИАА), 2019
© PROCEEDINGS OF ENGINEERING ACADEMY OF ARMENIA (PEAA), 2019

УДК 005:338.24(479.25) ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

В.Б. Бостанджян

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ В РАМКАХ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА

В настоящее время вопросы, связанные с местом и ролью Армении в современной системе экономических отношений, с учетом сложной геополитической и геоэкономической ситуации страны являются актуальными для разработки экономической стратегии развития страны. Статья посвящена изучению проблем интеграции экономики Армении в Евразийский экономический союз (ЕАЭС), оценке возможностей формирования высокотехнологичного производства и новых отраслей, а также совершенствованию механизмов управления экономического хозяйства и выявлению конкурентных преимуществ страны. В работе также оценены перспективы экономического сотрудничества Армении с другими странами и предложены пути их реализации.

Ключевые слова: *Евразийский экономический союз, интеграция, механизмы управления, национальная экономика, конкурентные преимущества, стратегия, иностранные инвестиции, бизнес-среда, высокотехнологичное производство.*

Экономика Армении претерпела глубокие преобразования со времени ее независимости. Устойчивый рост, амбициозные реформы, а также приток денежных переводов создали свободную и относительно конкурентоспособную рыночную среду. Нельзя упускать из виду воздействие на экономику страны и ее внешнеэкономические связи членства в разных международных экономических и финансовых организациях.

Важным шагом в направлении углубления международной экономической интеграции стало членство Армении во Всемирной Торговой Организации (ВТО) с февраля 2003 года, что также открыло множество возможностей для расширения торговых отношений во многих регионах и сферах международного сотрудничества, где страна была менее активна [1].

К числу способствующих факторов внешнеэкономической интеграции следует отнести также человеческие ресурсы страны. Следует отметить, что рабочая сила в Армении является высокообразованной, квалифицированной, с богатой традицией мастерства во многих специализированных секторах со множеством успешных примеров конкурентоспособных армянских компаний, занимающихся информационными технологиями, наукоемким производством, высококачественным текстилем, одеждой и ювелирными изделиями, виноделием и производством знаменитого армянского коньяка.

Помимо новых отраслей и высокотехнологических производств, в экономике страны существует много областей, где исторические и культурные традиции Армении придают дополнительное преимущество местной рабочей силе с точки зрения конкурентоспособности. Например, существует высокий стандарт мастерства в роскошных коврах, который наряду с уникальностью армянского искусства занимает особое место в мировом рынке ковров и в текстильном производстве в целом. Ювелирные изделия и обработка алмазов также являются областями, в которых армянские мастера используют свои исторические традиции и с помощью высококвалифицированной рабочей силы являются важными компонентами национальных конкурентных преимуществ. Наконец, армянское вино и бренди - легендарные продукты, которые производились в стране на протяжении тысячелетий, что создает благоприятную среду для сельскохозяйственной деятельности из-за высокой частоты солнечных дней в стране и отличного качества земельных и водных ресурсов [2].

В настоящее время в Армении созданы свободные экономические зоны без налога на прибыль, НДС или налога на имущество. Регистрация новых компаний является самой либеральной и простой на постсоветском пространстве. Созданы равные возможности для местных и иностранных инвесторов. В отдельных случаях, когда частные компании намерены наладить производство товаров, которое удовлетворяет спрос на внутреннем рынке, а также может умножить объемы экспорта и завоевать новые рынки сбыта за пределами страны, можно реально претендовать на дополнительные налоговые льготы. Армения предлагает специальные стимулы для инвесторов, особенно для ИТ-компаний и начинающих

компаний, а также приграничных регионов и крупных экспортеров.

Официальное открытие свободной экономической зоны Мегри открывает широкие возможности развития торгово-экономических отношений с Ираном и другими странами региона, что будет не только стимулировать ускоренное развитие Сюникского региона, но и способствовать установлению устойчивой связи между Ираном, странами ЕАЭС и Грузией [3].

Необходимо отметить, что присоединение Армении к Евразийскому экономическому союзу привело, с одной стороны, к структурным изменениям основных статей платежного баланса, ослаблению экономических отношений с Европейским Союзом (ЕС), с другой стороны - углублению торгово-экономических отношений Армении с Россией.

Основываясь на анализе показателей торгово-экономического оборота, можно заключить, что членство в ЕАЭС оказывает положительное влияние на экономику Армении и на экономический рост. В результате либерализации рынка в контексте присоединения Армении к ЕАЭС армянские сельскохозяйственные продукты, готовые и переработанные продукты и сырье проникают на эти рынки без таможенных барьеров.

На основе проведенного исследования представлены перспективы реализации национальных конкурентных преимуществ в рамках ЕАЭС. Для этого выявлены следующие критерии выбора национальных конкурентных преимуществ: производительность труда; конкуренция; качество; цена; квалификация; образование; традиции и национальные особенности производства; инновации; специфика спроса; законодательство; транспортные и иные коммуникации; инфраструктура; геополитика; качество жизни; менталитет; другие факторы.

Указанные факторы не претендуют на роль стандартов, которые полностью раскроют сущность и определят уровень конкурентоспособности товаров и услуг. Они могут служить лишь предметом обсуждения для понимания и обоснования конкурентоспособности производимых товаров и услуг. Цель исследования состоит в том, чтобы обосновать важность выявления критериев для выбора национальных конкурентных преимуществ.

Даже самые тесные и предсказуемые двусторонние торгово-экономические отношения не могут быть определяющими для стран в отрыве от учета интересов соседних стран в регионе, а также перспектив развития глобальной экономики. Следовательно, представляется важным рассмотрение возможности реализации преимуществ межгосударственного кооперирования, особенно путем оценки приоритетных отраслей (национальных конкурентных преимуществ) каждой страны и учета степени открытости каждого национального хозяйства.

В результате исследования сформулированы следующие выводы и предложения:

1. Эффективность реализации многих региональных проектов и региональной интеграции в целом во многом зависит от уровня эффективности взаимодействий и координации экономических политик отдельных государств, входящих в экономическое объединение или союз. При этом государства ответственны за обеспечение безопасности для эффективной организации, а также за создание правовых и иных институциональных основ экономической интеграции. Следовательно, именно государства должны обеспечить необходимые предпосылки и условия для интеграционных процессов. Высшей формой регулирования является государственное экономическое программирование, охватывающее многочисленные цели и весь набор инструментов, а также управление этим процессом, с помощью которого можно изменить соотношение спроса и предложения рынка, обеспечить конкурентоспособность экономики.
2. Исследования показывают, что странам легче добиться экономического роста при присоединении к разным региональным образованиям. Общими для них следует считать не только исторические корни интеграции, но и международные правовые документы, обязательства и институциональные основы, которые предшествуют их формированию. В частности, для ЕАЭС важно учитывать то обстоятельство, что четыре из пяти стран ЕАЭС являются членами ВТО, что во многом облегчило задачу формирования приемлемых законодательно-правовых основ для всех стран ЕАЭС.
3. На данном этапе становления и развития ЕАЭС разработаны и эффективно действуют основные предпосылки формирования Евразийского экономического союза. Процесс разработки законодательно-правовых основ союза носит продолжительный характер и должен учитывать тенденции развития мировой экономики. Экономическая политика, проводимая в рамках ЕАЭС, также должна учитывать риски и ограничения, возникающие вследствие экономической политики глобальных игроков.
4. Несмотря на все трудности в формировании и развитии конкурентосопособной региональной организации, ЕАЭС является самым крупным межгосударственным образованием в мире. Его территория

занимает 20 *млн км²*, или 15% мировой суши. ЕАЭС является лидером по добыче нефти (включая газовый конденсат) и естественного газа. В 2013 году его доля в мировом производстве данных энергоносителей составляла 18,4% и 14,9% соответственно. Он занимает 3-е место по общему объему выработанной энергии (5,4%) и 4-е по совокупной добыче угля (4,8%). Союз лидирует по совокупному производству калийных удобрений, по выплавке стали он занимает 5-е место, по чугуну – 3-е. По производству сельскохозяйственной продукции ЕАЭС также занимает лидирующие позиции.

Наибольшим потенциалом развития в рамках ЕАЭС обладают: в сфере товаров - производство фармацевтической продукции и товаров химической промышленности; в сфере услуг - поездки (охватывают товары и услуги, приобретаемые в какой-либо стране во время ее посещения нерезидентами этой страны для собственного потребления или последующей передачи третьей стороне) и транспортные услуги.

5. Место Армении в современной системе международных экономических отношений определяется сложным геополитическим положением, а также ее активной ролью в региональных интеграционных образованиях, высокообразованной, квалифицированной, с богатой традицией мастерства рабочей силой, лидерством среди постсоветских стран по институциональным реформам, стабильностью финансовой системы, уникальной возможностью сотрудничества одновременно со странами ЕАЭС и ЕС.

6. Принимая во внимание фактические экспортные показатели РА, ЕАЭС может стать важным фактором, позволяющим избежать наиболее неблагоприятных изменений в региональной экономике и в мировом хозяйстве. Членство в ЕАЭС оказало положительное влияние на экспортно-ориентированную экономику Армении, улучшились условия торгово-экономического сотрудничества, в частности, с точки зрения упрощения процедур, пограничных проверок и оформления документации, которые позволили Армении улучшить свои позиции в мировом рейтинге легкости ведения внешней торговли. В результате либерализации рынка в контексте присоединения Армении к ЕАЭС армянские сельскохозяйственные продукты, готовые и переработанные продукты и сырье проникают на эти рынки без таможенных барьеров.

7. По части реализации отечественной продукции на внутреннем рынке следует обратить внимание на экономическую политику государства, нацеленную на: импортозамещение; предоставление благоприятных условий местным производителям для стимулирования повышения конкурентоспособности; налоговые льготы для развития приоритетных отраслей; создание свободных экономических зон для развития определенных территорий и реализации экономического потенциала местных общин.

8. Конкурентоспособность национальной экономики Республики Армения обусловлена институтами, опережающими по своему развитию соответствующие институты других стран, входящих в ЕАЭС, инфраструктурой, макроэкономикой, высоким уровнем развития образования, эффективностью товарных рынков, эффективностью рынка труда, развитием финансового рынка, технологической базой, размерами рынка, развитием деловых отношений, технологическими инновациями и др. Все это, в конечном счете, может способствовать реализации конкурентных сравнительных преимуществ экономики.

9. Необходимо координировать экономические стратегии стран-членов ЕАЭС с целью выявления и лучшей реализации командных (общих) конкурентных преимуществ и извлекать уроки не только из собственного опыта, но и из опыта других региональных группировок, в том числе опыта ЕС. Странам ЕАЭС требуется глубокий анализ способствующих факторов и возможностей налаживания партнерских отношений со странами Шанхайского экономического сотрудничества (ШОС), БРИКС, АСЕАН, АСЕАН++, Черноморского экономического сотрудничества, Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества (АТЭС) и др., как с отдельными странами ЕС, так и ЕС в целом.

10. Суды на национальном и региональном уровнях, пользующиеся обычной независимостью, должны быть склонны к развитию юриспруденции, которая способствует гармонии в применении и интерпретации законов региона и способствует экономической интеграции, как это предусмотрено в соответствующих документах, но с гибкостью, которая реагирует на время, так что развитию не мешают юридические анахронизмы.

11. Считаем, что необходимо сократить политический надзор над экономическими процессами, что заметно замедляет темпы интеграции, по мере развития интеграционных процессов и укрепления основ здоровой конкуренции между хозяйствующими субъектами стран-членов ЕАЭС.

12. Важно избавиться от излишней конкуренции между хозяйствующими субъектами – частными компаниями стран-членов, которые по инерции вытесняют друг друга из новообразованного общего

рынка ЕАЭС. По сути, эти компании берут на себя бремя ответственности за реализацию общей экономической политики, выработанной совместными усилиями правительств-членов Союза. С другой стороны, частные компании должны учитывать институциональные рамки экономической интеграции и способствовать процессу выработки новых, более эффективных моделей совместными усилиями глав государств и правительств, не препятствующих таким образом процессу сокращения и устранения угроз экономической безопасности как в рамках национальных хозяйств, так и в рамках ЕАЭС.

13. В сложившихся условиях предлагаем сделать более эффективным сотрудничество между государством и частным сектором всех стран и на наднациональном уровне, что усилит позиции регионального образования как с точки зрения проведения общих экономических реформ, так и в процессе переговоров ЕАЭС с другими региональными образованиями и международными организациями по вопросам интеграционной политики и других проблем развития мировой экономики.

14. Учитывая, что диверсификация экспортной продукции и рынков является эффективным фактором стабилизации структуры, ответственные за экономическую политику в постсоветских странах должны сосредоточить внимание на мерах по расширению экономической базы в своих странах и увеличению номенклатуры экспортируемой продукции. Считаем, что увеличение объемов внешней торговли между постсоветскими и другими развивающимися странами не должно заменять торговлю с развитыми странами. Более того, диверсификация интеграционных связей может стать "страховкой" от волатильности.

15. При анализе глобальных вызовов необходимо глубже исследовать возможности цифровизации и ее экономические, социальные и иные аспекты, а также новые технологии – блокчейн, big data, искусственный интеллект, криптовалюты и другие инновационные финансовые инструменты. Причем блокчейн-технологию можно считать фундаментальным прорывом, в частности, с ее помощью можно создать механизм обмена и переработки финансовой информации между центральными банками государств-членов ЕАЭС.

16. Важным шагом в направлении повышения конкурентоспособности ЕАЭС необходимо считать выработку цифровой повестки, которую следует воспринимать не как отдельный компонент совместной работы стран-членов Союза, а как попытку пересмотра имеющихся моделей экономического и интеграционного развития.

17. На наш взгляд, нельзя исключать то обстоятельство, что, несмотря на изначальную острую критику, виртуальные, параллельные или криптовалюты могут также стать универсальным платежным средством, а технология блокчейн может обслуживать не только отдельные сферы деятельности и отрасли, но всю макроэкономическую политику. Как макроэкономическая политика отдельных стран-членов ЕАЭС, так и региональная экономическая политика требуют выработки общеприемлемых принципов и методов применения региональной криптовалюты и разных инновационных инструментов. Наднациональные органы ЕАЭС должны выработать общую позицию в сфере регулирования валют и формирования единых международных стандартов, а также рассмотрения инициатив по созданию евразийских финансовых и платежных платформ.

18. Наднациональные органы должны выработать нормы и нормативы, технические и иные стандарты, которые в состоянии предотвратить, сократить или ликвидировать возможные экономические и социальные вызовы и угрозы, связанные с внедрением новых технологий и моделей, основанных на них. К примеру, возможная эмиссия региональной криптовалюты неизбежно приведет к сокращению финансовой независимости стран-членов ЕАЭС, что может негативно повлиять на валютную, денежно-кредитную и фискальную политику указанных государств. Следовательно, необходимо задуматься как о внедрении эффективных механизмов межгосударственного финансового регулирования и контроля, так и о минимизации нежелательных последствий от их применения.

19. Представляется важным создание информационно-аналитического формата совместной работы государственных органов, деловых кругов, видных экспертов и общественных организаций, что позволит выработать трезвый, взвешенный и профессиональный подход к разрешению множества проблем, связанных с инновационными технологиями и финансовыми инструментами.

20. Реализация национальных конкурентных преимуществ и преимуществ кооперирования зависит как от каждой страны, так и от взвешенной и координированной общей внешнеэкономической политики ЕАЭС в целом. Нами предлагаются следующие способы реализации национальных конкурентных преимуществ:

- повышение конкурентоспособности отечественной продукции и ее реализация на внутреннем рынке;

- выход товаров местной промышленности на новые рынки;
- реализация сравнительных преимуществ по модели А. Смита и Д. Рикардо (двустороннее торгово-экономическое сотрудничество);
- реализация сравнительных преимуществ по модели М. Портера (кластерный подход);
- реализация конкурентных преимуществ в рамках региональных организаций, группировок и стратегических альянсов;
- реализация конкурентных преимуществ через различные формы экономической интеграции;
- реализация конкурентных преимуществ через межрегиональную интеграцию;
- реализация преимуществ кооперирования.

Анализируя геополитическую и геоэкономическую ситуацию вокруг Армении и учитывая глобальные вызовы и тенденции развития на постсоветском пространстве, важно заметить, что Армения может использовать практически все вышеперечисленные способы реализации национальных конкурентных преимуществ.

21. Реализация национальных конкурентных преимуществ с помощью вышеуказанных способов требует, в первую очередь, выработки тех критериев, которые необходимы для обоснования и выбора относительных и абсолютных преимуществ страны. В ходе экономических исследований и факторного анализа нами выявлены следующие критерии выбора национальных конкурентных преимуществ: производительность труда; конкуренция; качество; цена; квалификация; образование; традиции и национальные особенности производства; инновации; специфика спроса; законодательство; транспортные и иные коммуникации; инфраструктура; геополитика; качество жизни; менталитет; другие факторы.

22. Развитие кластеров является важным фактором конкурентоспособности. Политика экономического развития за счет перехода экономики на качественно новый уровень, т.е. за счет увеличения удельного веса вновь созданных наукоемких товаров, технологий и услуг, должна реализовываться по следующим стратегическим направлениям:

- Процесс формирования конкурентных преимуществ в республике происходит восприятием основного стратегического принципа, согласно которому конкурентоспособность достигается не путем наследования, а поэтапно. Конкурентоспособность экономики зависит от возможности модернизации и инноваций в реальном секторе.
- Развитие инновационного процесса. В контексте современной глобализации, когда потоки капитала стали беспрецедентными и в значительной степени ориентированы на высокие технологии, а инновации стали ключевым фактором в рыночной экономике, политика развития инноваций направлена на то, чтобы сделать Армению привлекательной.
- Ключом к постоянно улучшающейся деловой среде и уровнем привлекательности является наличие благоприятных и устойчивых правовых норм, при которых бизнесмен, ощущая бремя бизнес-рисков, будет прилагать усилия для улучшения управленческих навыков.
- Продвижение экспорта. В целях обеспечения прогрессивного экспорта страна реализует политику стимулирования экспорта не только для преодоления препятствий. Наряду с упрощением администрирования принимаются определенные меры стимулирования, что оставляет в стороне объективные экспортные ограничения.
- Территориальное развитие. Чтобы привести Республику Армения к устойчивому экономическому развитию, важно, чтобы экономика имела сбалансированную направленность в географическом смысле. Принятая политика определяет проблему улучшения бизнес-среды в регионах и сбалансированного социально-культурного развития регионов, приоритетными задачами которых являются совершенствование системы управления и совершенствование инфраструктуры.

23. Предлагаем предпринять конкретные меры для интеграции “Север-Юг” и активизировать участие Армении в указанном проекте. Важно синхронизировать интересы стран-членов ЕАЭС с проектами развития Грузии, что, в свою очередь, требует разработки реалистических стратегий, проведения сравнительного анализа экономических показателей России, Грузии, Армении и Ирана.

24. На основе вышеуказанного можно также представить определенные прогнозы на обозримое будущее. В частности:

- изменение политического курса, очевидно, будет сложным, но более активные настроения могут поддерживаться в пределах допустимых видов с помощью amicus curiae и экспертов, чтобы можно было достичь осознанных решений. Успех экономической интеграции в ЕАЭС будет зависеть от

того, в какой степени рассматривается вопрос о справедливом распределении выгод;

- в среднесрочной перспективе экономический рост за счет экспорта “по версии 2.0”, при котором торговля по направлению “Юг-Юг” играет более важную роль, станет основным фактором;
- после “Бархатной революции” в Армении в мае 2018 года интеграционные процессы будут иметь тенденцию к ускорению как в рамках ЕАЭС, так и с ЕС;
- в случае создания свободной зоны количество товаров, ввозимых из ЕС, возрастет, что приведет к обострению экономической конкуренции;
- возможен существенный прогресс в переговорах по созданию Свободной и Всеобъемлющей зоны свободной торговли между Арменией и Европейским Союзом. Создание свободной зоны в Армении приведет к существенному увеличению доходов, а цены на товары станут более конкурентоспособными.

Литература

1. http://www.wto.am/documents/protocol_on_the_accession.pdf
2. **Սարգսյան Հ., Մարկոսյան Ա.** Հայաստանի տնտեսության վերափոխումները և վերելքի հեռանկարները: - Երևան, 2014. - 550 էջ:
3. https://hy.wikipedia.org/wiki/%D5%84%D5%A5%D5%B2%D6%80%D5%AB_%D5%A1%D5%A6%D5%A1%D5%BF_%D5%BF%D5%B6%D5%BF%D5%A5%D5%BD%D5%A1%D5%AF%D5%A1%D5%B6_%D5%A3%D5%B8%D5%BF%D5%AB

11.05.2019.

Վ.Բ. Բոստանջյան

ԵԱՏՄ ՇՐՋԱՆԱԿՆԵՐՈՒՄ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ԶԱՐԳԱՑՄԱՆ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ՀԻՄՆԱԽՆԴԻՐՆԵՐԸ

Ներկայումս երկրի տնտեսական հարաբերությունների ներկա համակարգում Հայաստանի տեղի ու դերի հետ առնչվող խնդիրները, հաշվի առնելով երկրի բարդ աշխարհաքաղաքական եւ աշխարհատնտեսական վիճակը, համարվում են արդիական՝ երկրի տնտեսական զարգացման ռազմավարության մշակման համար: Հոդվածը նվիրված է Եվրասիական տնտեսական միությանը Հայաստանի տնտեսության ինտեգրման հիմնախնդիրների ուսումնասիրմանը, նոր ճյուղերի և բարձր տեխնոլոգիական արտադրությունների ձևավորման հնարավորությունների գնահատմանը, երկրի մրցակցային առավելությունների բացահայտմանը և տնտեսական զարգացման կառավարման մեխանիզմների կատարելագործմանը: Աշխատանքում գնահատվել են նաև այլ երկրների հետ ՀՀ տնտեսական համագործակցության հեռանկարները և առաջարկվել են դրա կենսագործման ուղիներ:

Առանցքային բառեր. *Եվրասիական տնտեսական միություն, ինտեգրում, կառավարման մեխանիզմներ, ազգային տնտեսություն, մրցակցային առավելություններ, ռազմավարություն, օտարերկրյա ներդրումներ, բիզնես-միջավայր, բարձր տեխնոլոգիական արտադրություն:*

V. B. Bostanjyan

PROBLEMS OF CONTROL OF ARMENIA'S ECONOMIC DEVELOPMENT IN THE FRAMEWORK OF THE EAEU

At present, issues related to the place and role of Armenia in the modern system of economic relations, taking into account the complex geopolitical and geo-economic situation of the country, are relevant for the development of an economic development strategy for the country. The article is devoted to studying Armenia’s economic integration problems in the Eurasian Economic Union, as well as identifying new and high-tech industries, providing opportunities for the assessment of competitive advantages of the country, and improving mechanisms of management of the economic development. The work also evaluates the prospects of Armenian economic cooperation with other countries and suggests its implementation methods.

Keywords: *Eurasian Economic Union, integration, management mechanisms, national economy, competitive advantages, strategy, foreign investments, business environments, high-tech production.*

Бостанджян Вардан Бабкенович – докт. экон. наук, профессор факультета Экономики и управления, ЕГУ

ՀՏԴ 005.342:330.322 (479.25) ԷԿՈՆՈՄԻԿԱ ԵՎ ԿԱՌԱՎԱՐՈՒՄ

Թ.Ն. Մանասերյան

ՆԵՐԴՐՈՒՄՆԵՐԸ ԵՎ ՆՈՐԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳՈՒՄ

Եթե միկրո մակարդակում ներդրումները կարող են լինել հայեցողական՝ ելնելով տվյալ ձեռնարկության ռազմավարական կամ ընթացիկ նպատակներից և նյութական հնարավորություններից ու արտաքին փոխառու ռեսուրսներ ներգրավելու պատրաստակամությունից, ապա որևէ երկրի համար տնտեսության զարգացումը, ընդհանուր առմամբ, անհնար է պատկերացնել առանց ներքին և արտաքին ներդրումների համադրված և արդյունավետ օգտագործման: Հետևաբար, կայուն և բարձր տնտեսական աճ արձանագրելու և տնտեսական անվտանգության բավարար մակարդակ ապահովելու համար պետությունը պարտավոր է ապահովել գրավիչ և առողջ ներդրումային միջավայր:

Առանցքային բառեր. *ներդրումներ, նորարարություններ, տնտեսական անվտանգություն, բնակչության կենսամակարդակ, բարձր տեխնոլոգիաներ, տնտեսական աճ:*

Ակնհայտ է, որ որևէ երկիր, այդ թվում նաև Հայաստանը չի կարող զարգանալ և ապահովել տնտեսական անվտանգության բավարար մակարդակ առանց ներդրումների: Եթե միկրոմակարդակում ներդրումները կարող են լինել հայեցողական՝ ելնելով տվյալ ձեռնարկության ռազմավարական կամ ընթացիկ նպատակներից և նյութական հնարավորություններից ու արտաքին փոխառու ռեսուրսներ ներգրավելու պատրաստակամությունից, ապա որևէ երկրի համար տնտեսության զարգացումը, ընդհանուր առմամբ, անհնար է պատկերացնել առանց ներքին և արտաքին ներդրումների համադրված և արդյունավետ օգտագործման: Հետևաբար, կայուն և բարձր տնտեսական աճ արձանագրելու և տնտեսական անվտանգության բավարար մակարդակ ապահովելու համար պետությունը պարտավոր է ապահովել գրավիչ և առողջ ներդրումային միջավայր:

Վերջին տարիներին նկատվող ներդրումային հոսքերի կրճատումը վկայում են ներդրումային միջավայրի խիստ անհրապույր վիճակի, անվստահության մթնոլորտի և տնտեսական ռիսկերի աճի մասին: Ստորև ներկայացվում է օտարերկրյա ներդրումների պատկերը 2018 թվականի հունվար - դեկտեմբեր ամիսներին:

Ակնհայտ է նաև, որ օտարերկրյա ներդրումները չեն կարող աճի միտում ունենալ, եթե չի արձանագրվում ներքին ներդրումների աճ: Իսկ վերջինս ուղղակիորեն պայմանավորված է առնվազն երկու փոխկապակցված գործոնով. առաջինը բնակչության վճարունակության ցածր մակարդակով, ինչն իր հերթին պայմանավորված է աղքատության տեմպերի աճով, իսկ երկրորդը՝ բնակչության վճարունակ խավի կողմից վստահության պակասով, ինչում վերջին դերը չի խաղում կոռուպցիան և անարդար մրցակցությունը: Սա է պատճառը, որ պետության ներքին պարտքը կազմող պետական պարտատոմսերը, ներառյալ եվրոպարտատոմսերը, գերազանցապես, տեղաբաշխվել են արտերկրի ռեզիդենտների շրջանում: Ինչ վերաբերում է բնակչության վճարունակ զանգվածին, ապա այն գերադասում է ձեռք բերել արտերկրի առավել հեղինակավոր ընկերությունների արժեթղթեր կամ զարգացած երկրների կառավարությունների համեմատաբար նվազ եկամտաբերությամբ պարտատոմսեր: Մյուս կողմից՝ ներդրումների պակասը պայմանավորված է մենաշնորհների դեմ պայքարի ցածր արդյունավետությամբ և նորարարությունների հանդեպ ցածր պահանջարկով, քանի որ տեղական մենաշնորհները կամ օլիգոպոլիաներն առանձնապես մեծ հետաքրքրություն չեն ցուցաբերում մրցունակության բարձրացման, նորարարությունների ոլորտում ներդրումների ներգրավման նկատմամբ [2]:

21-րդ դարում նորարարության ոլորտում ներդրումային գործընթացները համաշխարհային տնտեսությունում ուժեղացել են և մեծ մասշտաբների հասել: Այդ գործընթացները տանում են արտադրության արմատական արդիականացման, տնտեսական հարաբերությունների սոցիալական տարրերի պահպանման, բնակչության կենսամակարդակի բարձրացման:

Տնտեսական անվտանգությունն իր մեջ ընդգրկում է երկրի տեխնոլոգիական անկախությունը, որը 21-րդ դարում բնորոշվում է իր գիտատեխնիկական ներուժով, քանի որ տնտեսության արագ և կայուն աճը կպահանջի ներդրումային և նորարարական ակտիվության մի քանի անգամյա բարձրացում:

Աղյուսակ 1

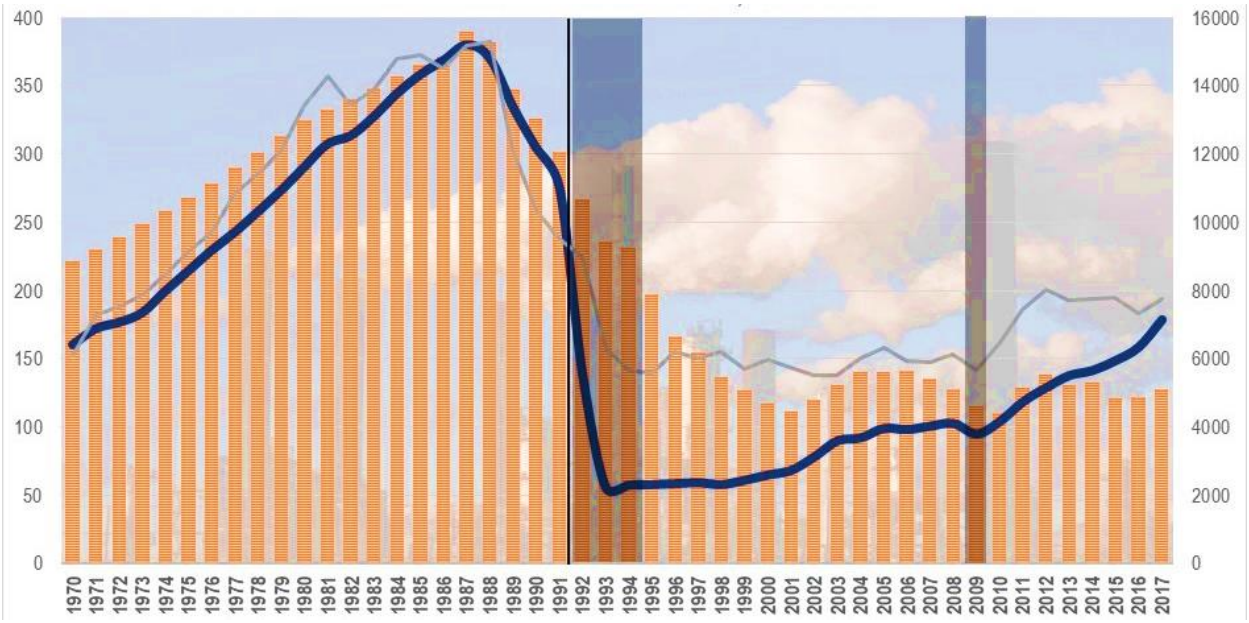
ՕՈՒՆ ըստ ներդրումների տեսակի՝ 2017-2018թթ. [1]

Ներդրումների տեսակները	Ֆինանսական պարտավորությունների զուտ ստանձնում			Ֆինանսական ակտիվների զուտ ձեռբերում		
	2017թ. հունվար-դեկտեմ-քեր	2018թ. հունվար-դեկտեմ-բեր	Բացար-ձակ փոփո-խությու-նը	2017թ. հունվար-դեկտեմ-բեր	2018թ. հունվար-դեկտեմբեր	Բացար-ձակ փոփո-խությու-նը
Ընդամենը ներդրումներ[2]	400.3	811.2	410.9	-138.9	121.4	260.3
ՈՒղղակի ներդրումներ	249.8	254.3	4.5	22.3	-11.7	-34.0
Պորտֆելային ներդրումներ	-56.8	-16.7	40.1	30.0	14.6	-15.4
Այլ ներդրումներ	207.3	573.7	366.4	-241.0	164.9	405.9
Առևտրային վարկ	9.2	13.0	3.8	-27.1	-2.2	24.9
Կարճաժամկետ	11.0	13.9	2.9	-14.9	-5,6	9.3
Երկարաժամկետ	-1.8	-0.8	1.0	-12.2	3.4	15.6
Վարկեր	414.8	148.6	-266.2	-168.2	88.9	257.1
Կարճաժամկետ	-21.6	4.4	26.0	-188.8	117.9	306.7
Երկարաժամկետ	444.3	180.4	- 263.9	20.7	-29.0	-49.7
Դրամավարկային կար-գավորման մարմիններ	68.0	-38.5	-106.5	-	-	-
Պետական կառավարմտն մարմիններ	494.2	186.3	-307.9	-1.3	-1.4	-0.1
Բանկեր	-90.6	114.2	204.8	20.0	4.2	-15.8
Այլ հատվածներ	35.2	-117.9	-82.7	1.9	-31.8	-33.7
Դրամական միջոցներ և ավանդներ	-218.8	372.2	591.0	-56.7	84.0	140.7
Կարճաժամկետ	-237.2	259.0	496.2	-56.4	80.9	137.3
Երկարաժամկետ	18.4	113.2	94.8	-0.3	3.2	3.5
Ապահովագրական, կենսաթոշակային և ստանդարտացված ծրագրեր	1.3	1.1	-0.2	0.7	1.2	0.5
Այլ կապիտալ	-	-0.9	-0.9	4.1	1.8	-2.3
Այլ հաշիվներ	0.6	39.5	38.9	6.1	-8.7	-14.8
Պահուստային ակտիվներ	-	-	-	49.8	-46.3	-96.1

Ներդրումային գործընթացն իրականում հանրային վերարտադրության կարևոր բաղկացուցիչներից է՝ հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ դրանք ֆինանսական միջոցներ են, արժեթղթեր, այդ թվում նաև՝ սեփականության իրավունք, նաև՝ այլ իրավունք, որն ունի դրամական արտահայտություն: Այլ խոսքով, ներդրումները ներկայիս դրամական միջոցներից հրաժարումն է՝ ապագայում եկամուտների ստացման համար: Ընդհանուր առմամբ, ներդրումների աղբյուրները կարելի է բաժանել երկու խմբի՝ սեփական և փոխառու միջոցների: Հատկանշական է, որ խորհրդային գիտության պատմականորեն ձևավորված կառուցվածքն իր մեջ ընդգրկում էր ակադեմիական, բարձրագույն, ճյուղային և գործարանային գիտությունը: Մինչև անկախացումը երկրում բոլոր տեսակի աշխատանքների 60.5%-ը հիմնարար հետազոտություններն էին, 26.7%-ը՝ կիրառական, 12.8%-ը՝ մշակման: Այդ տարիներին տեսական և կիրառական գիտության, գիտատեխնիկական ծառայությունների բնագավառում զբաղված էր բնակչության մոտ տասը տոկոսը [3]:

Հատկանշական է, որ զարգացած երկրները և նոր ինդուստրիալ պետությունները վերջին 20

տարում ակտիվորեն իրականացնում են գիտության հարկային մոտիվացման քաղաքականություն: 20-րդ դարի 90-ական թթ. գիտական արտադրանքի բաժինը մեր երկրի վերամշակող արդյունաբերության արտահանման մեջ կրճատվել է ավելի քան տասն անգամ: Ֆինանսական միջոցների բաժինը, ուղղված գործող ձեռնարկություններում նորարարական գործունեությանը, մոտ 10…15 անգամ ցածր է, քան զարգացած երկրներում:



Նկ. Հայաստանի արդյունաբերությունը 1970-2017թթ.[4]

Համաշխարհային տնտեսության գիտական արտադրանքի ծավալը կազմում է 2.3 տրիլիոն դոլար: ԱՄՆ-ի բաժինն այս շուկայում 36% է, Ճապոնիայինը՝ 30%, Չինաստանինը՝ 6% [5]: Ինչ վերաբերում է Հայաստանին, ապա թույլ ներդրումային ակտիվությունը կարելի է կապել պետական ֆինանսավորման բավարար չլինելու հետ, բայց սա միայն խնդրի մի կողմն է: Ոչ պակաս կարևոր են համարվում այնպիսի հարցեր, ինչպիսիք են՝ ովքեր և ինչպիսի մեխանիզմներով են հատկացնում այդ միջոցները: Առայժմ գիտության կառուցվածքային վերակառուցումները չեն համարվում առաջնահերթ խնդիրներ տնտեսական բարեփոխումների ժամանակահատվածում:

Ակներևաբար, Հայաստանի ապագան կապված է ներդրումների և նորարարությունների հետ: Իսկ որպեսզի վերականգնվի ներդրումանորարարական ներուժը և արտադրական ֆոնդերի նորմալ վերարտադրությունը, այդ խնդիրները պետք է առաջնահերթ լուծում ստանան, որի համար պահանջվում է համապատասխան ներդրումային և նորարարական քաղաքականության մշակում: Տնտեսական աճի վերականգնման նոր քաղաքականության ձևավորման խնդիրը հատկապես արդիական է կապված այն հանգամանքի հետ, որ խոսքը ոչ միայն զարգացման գործընթացի կայունացման, այլև երկրի ներդրումային համալիրի քայքայված ներուժի վերականգնման մասին է: Երկարաժամկետ հեռանկարում պետությունը պետք է կենտրոնանա ՀՆԱ-ում գիտության արտաքին ծախսերի բաժնի մեծացման վրա, որը շեմ է այս ցուցանիշի համար, այսինքն՝ մեծություն, որի առկայությունն ապահովվում է ազգային անվտանգության թույլատրելի նվազագույն մակարդակը (Հայաստանում այսօր այս բաժինը կազմում է 0.06%-ից պակաս, Շվեդիայում՝ 3.8%, Ճապոնիայում՝ 3.04%, ԱՄՆ-ում՝ 2.64%): Հետազոտողների միջին տարիքը, ովքեր ունեցել են գիտական աստիճան 2012թ. 55 տարեկանն է (առաջատար երկրներում այս ցուցանիշը 44 է): Շեմային նշանակությունն այս ցուցանիշի (48 տարի) կարող է հասնել մինչև 2020թ.: Գիտական սարքավորումների միջին տարիքը գերազանցում է 12 տարին, այն դեպքում, երբ ՏՀԶԿ երկրներում այն 5...6 տարի է, իսկ այս ցուցանիշի շեմային մակարդակը՝ 7 տարի: Կանխատեսումների համաձայն՝ գիտական սարքավորումների միջին տարիքը 2020թ.-ին չի գերազանցի 9 տարին [6]:

Նորարարական ակտիվության մակարդակը 2017թ. 10.6% էր: Գնահատականների համաձայն մինչև 2020թ. այն կհասնի մոտավորապես 17%-ի: Տեխնոլոգիական նորարարություններում ծախսերի բաժինը արդյունաբերական արտադրանքի ընդհանուր ծավալում 2017թ. կազմել է 5.18%, իսկ 2020թ. այն կկազմի մոտավորապես 15% [7]:

Հայաստանի տնտեսության վերակազմավորումը կապված է տեխնոլոգիական զարգացման հեռանկարների հետ: Այս խնդրի բարդությունն այն է, որ կայուն տեխնոլոգիական առաջընթաց ապահովելու համար պահանջվում է որոշել ոչ միայն պետական աջակցություն պահանջող հիմնական ուղղությունները, այլև տեխնոլոգիական մակարդակը, որին նրանք պետք է հասնեն: Օրինակ, 1920-ական թթ. իրականացված ինդուստրիալացումը հաջող կերպով իրականացվեց այն բանի շնորհիվ, որ պետական իշխանությունը որոշիչ և արագ կատարեց նոր տեխնոլոգիական ռեժիմի ներդրում [8]: Պետական ներդրումային քաղաքականությունը պետք է ձևավորվի ազգային տնտեսության երկարաժամկետ նպատակների և խնդիրների համատեքստում: Տնտեսական անվտանգության տեսանկյունից անհրաժեշտ է մշակել առանձին ներդրումային նախագծերի և ծրագրերի պետական աջակցության չափանիշներ: Բացի այդ, անհրաժեշտ են ներդրումային գործընթացի կառավարման հատուկ մեխանիզմներ: Պետական ներդրումային քաղաքականությունը ենթադրում է պետական աջակցության չափանիշների ընտրություն, այլ ոչ թե պարտադիր բյուջետային ներդրումներ: Կարելի է առանձնացնել չափանիշների որոշման երկու մոտեցում՝ տեխնոլոգիական և տնտեսական: Տեխնոլոգիական մոտեցումը ելնում է գիտատեխնիկական առաջընթացի առաջնահերթությունից, իսկ տնտեսական մոտեցումը հիմնվում է տնտեսական սկզբունքների վրա: Բացի այդ, պետական և մասնավոր ներդրումային կապիտալը սահմանափակ է: Այդ իսկ պատճառով չափանիշների որոշման ժամանակ, որոնք ուղղված են պետական օժանդակության այս կամ այն ծրագրերին, թերևս պետք է առաջնորդվել տնտեսական չափանիշներով:

Ներդրումային ծրագրերի պետական աջակցության որոշումների կայացման ժամանակ անհրաժեշտ է հաշվի առնել վճարունակ պահանջարկի աճի հեռանկարները (ներքին և արտաքին) այն ապրանքների և ծառայությունների տեսակների նկատմամբ, որոնք շուկա դուրս կգան:

Հաջողություն կարող է ակնկալել այն ներդրումային նախագիծը, որի արտադրանքով հետաքրքրված է վճարունակ սպառողը, ինչպես նաև նա, ով ունի մրցակցային առավելություններ: Տնտեսական անվտանգության տեսանկյունից անհրաժեշտ է հաշվի առնել այս կամ այն ներդրումային նախագծի իրագործումից մուլտիպլիկատիվ էֆեկտը, որը մեծացնում է արտադրության և իր հետ կապված ճյուղերի զարգացումը: Մուլտիպլիկատիվ էֆեկտները մեծացնում են վճարունակ պահանջարկը, աշխատանքային տեղերը, նպաստում են հարկային բազայի աճին և վերջնական արդյունքում տանում են տնտեսության վերելքի:

Ներդրումային գործունեության պետական կարգավորումը կարող է իրականացվել տարբեր ձևերով՝

- օրենքների և այլ նորմատիվ ակտերի ընդունում, որոնք ապահովում են ներդրումային և նորարարական գործընթացի մասնակիցների շահերը և հարաբերությունները,
- երկարաժամկետ ներդրումային ռազմավարության մշակում՝ հաշվի առնելով տնտեսության անվտանգության ցուցանիշները և ազգային ու տեղական առաջնահերթությունները,
- կարևոր է սոցիալական, տնտեսական, գիտական և ռազմական և այլ նման օբյեկտների ուղիղ ֆինանսավորումը,
- ներդրումային և նորարարական քաղաքական առաջնահերթություն՝ պետական և տեղական մակարդակներով:

Կարելի է փաստել, որ մինչ օրս տեղ գտած տնտեսական զարգացումները բերել են երկիրը նոր որակական սոցիալ-տնտեսական դիրքի: Սակայն այն գործոնները, որոնք ընկած են եղել նախաճգնաժամային տարիների տնտեսական աճի հիմքում, այլևս գոյություն չունեն:

Անհրաժեշտ է տնտեսական աճի գործոնների նոր խումբ, որը կորոշի Հայաստանի տնտեսական զարգացման դինամիկան: Նոր գործոնների խմբի ձևավորումը կախված է տնտեսական քաղաքականության ընտրությունից, հետևաբար նաև՝ տնտեսության զարգացման նոր մոդելի ընտրությունից: Եվ անհրաժեշտ է առաջին հերթին ներդրումային մոդել, որի դեպքում տնտեսական աճի հիմքում ընկած կլինի տնտեսության իրական հատվածի մասշտաբների մեծացումը:

Պետական ներդրումների համար որպես տնտեսության առաջնահերթ ոլորտներ, այդ թվում՝ հաշվի առնելով տնտեսության անվտանգությունը կարելի է առանձնացնել՝

- արտադրությունը, որն ուղղված է ներկրումը փոխարինող արտադրանքի թողարկման վրա,
- կազմակերպությունները, որոնք ուղղված են մրցունակ արտադրանքի թողարկմանը,
- արտադրությունը, որի նկատմամբ երկարաժամկետ պահանջարկ կլինի,
- կազմակերպությունները, որոնք կթողարկեն ավելի բարձրորակ արտադրանք:

Եթե տեխնիկական համակարգը կատարելագործվում է անփոփոխ տեխնոլոգիական սկզբունքի հիման վրա, ապա, ըստ ամերիկացի հետազոտող Ա.Գրոշի տեսության, զարգացման որոշակի մակարդակի հասնելով՝ վերջինիս նոր մոդելների գինն աճում է քառակի շահութաբերության աճին

զուգընթաց [9]:

Պետական ներդրումային քաղաքականությունում կարևոր է համարվում ներդրումների ընդհանուր ծավալի հաշվարկը, ինչպես նաև ներդրումների ճյուղային և ֆունկցիոնալ կառուցվածքի հիմնումը: Ըստ Հարրոդ-Դոմարի պարզագույն մոդելի, որոշվում է պահանջվող ներդրումների ծավալի կախվածությունը արտադրության զարգացումից [10]: Կան նաև հաշվարկների բազմաթիվ այլ մոդելներ, որոնց օգնությամբ կարելի է ստանալ ներդրումների ընդհանուր ծավալը: Միաժամանակ, մեր համոզմամբ, կարևոր է նախ խթանել ներքին ներդրումները՝ վստահության վերականգնման և բնակչության վճարունակության բարձրացման, ինչպես նաև ներդրումային միջավայրի գրավչության բարձրացման միջոցով:

Պետության և հայրենական ներդրողի շահերը առավել վառ են արտահայտվում հանքարդյունաբերության ոլորտում [11]: Այստեղ վերջիններս հսկվում են կախված այն բանից, թե որքանով ճիշտ են որոշված հանքավայրերի պահուստները, դրանց շահագործման պայմանները, անցյալ տարիների ծախսերը, մանրամասն ուսումնասիրվել և պայմանավորվել՝ արդյունահանման մասնագիտական պայմանների մասին՝ համապատասխան միջազգային իրավունքի չափանիշների:

Ներկայումս, երբ մեծանում է կառավարության արտաքին քաղաքական, արտաքին տնտեսական և մի շարք նախարարությունների ակտիվությունը՝ արտասահմանյան ներդրումների ներգրավման ուղղությամբ, ինչպես ճգնաժամային միտումները զսպելու, այնպես էլ ֆինանսա-տնտեսական կայունացման համար, ընդհանուր առմամբ, անհրաժեշտ է ընդգծել, որ մենք բավական շահագրգռված ենք արտասահմանյան ներդրումների ծավալի մեծացմամբ, բայց ոչ ցանկացած պայմաններով: Ակնհայտ է, որ մեր շահերից է բխում համագործակցել այն ընկերությունների հետ, որոնք գալիս են լուրջ նպատակներով և պատրաստ են կապիտալ ներդնել երկար ժամանակով:

Միաժամանակ պետք է ձգտել այն բանին, որպեսզի ներդրողները բաշխվեն ըստ ճյուղերի և ըստ տարածքների այն նպատակով, որպեսզի չստեղծվեն նոր մենաշնորհներ, այս անգամ արդեն ի դեմս արտասահմանյան ընկերությունների: Վերջապես պետությունը պետք է մշտապես վերահսկի ներդրումները հանքարդյունահանման և պաշտպանության ճյուղերում [12]: Հայաստանում արտասահմանյան ներդրումների պետական կարգավորումը բխում է ոչ միայն արտասահմանից կապիտալ ներդրումների խթանման, այլև երկրի արտաքին տնտեսական անվտանգության և անկախության պահպանման խնդրից:

Համաշխարհային պրակտիկան ցույց է տալիս, որ արտասահմանյան, ինչպես նաև հեռացած հայրենական կապիտալը, գալիս է այն ժամանակ, երբ երկրում ստեղծվում են ներդրողների համար գրավիչ տնտեսական պայմաններ [13]: Ներդրումային միջավայրի բարելավումը՝ միակ հուսալի երաշխիքն է: Բացի դրանից, կարևոր են արժութային վերահսկողության, աուդիտի համակարգի ամրացումը, հարկային ծառայության ուժեղացումը:

Չի կարելի շրջանցել այն փաստը, որ արտասահմանյան ներդրումների ներգրավումը կատարվում է արտադրության անդրազգայնացման որոշակի իրադրությունում: Գլխավորն այստեղ այն է, որ անդրազգային գործարարական կառուցվածքների մասնակիցները, որոնք ներկայացնում են արդյունաբերական կապիտալը, անկախ տարածման հիմնավորումից և սեփականության ձևից, շահագրգռված են համագործակցելու տնտեսական միջազգային արտադրական, գիտատեխնիկական ոլորտներում: Այս դեպքում հավասարապես օբյեկտիվորեն շահագրգռված են նաև դրամական կապիտալը ներկայացնող նշված կառուցվածքների մասնակիցները (բանկերը, ներդրումային ընկերությունները և այլն): Կարելի է եզրակացնել, որ առավել ընդունելի են ֆինանսաարդյունաբերական տիպի կորպորացիոն կառուցվածքները, այսինքն՝ անդրազգային ֆինանսաարդյունաբերական խմբերի կազմակերպական ձևերը՝ անդրազգային համագործակցային հարաբերությունների տեսակետից, ինչպես նաև տարբեր երկրների արտադրողների միջև՝ տեխնոլոգիական շղթաների արդյունավետ մշակման տեսանկյունից, թեև որոշակի պայմաններում կարող են կիրառվել միջազգային բիզնեսի կազմակերպման այլ ձևեր, օրինակ՝ համատեղ ձեռնարկություններ, մարտավարական դաշինքներ և այլն:

Ակնհայտ է նաև, որ ներկայումս ստեղծված շուկայական մրցակցության բացակայությունը ազգային գործարարների միջև, էժան աշխատուժը, համեմատաբար էժան հումքը, և արդեն Եվրասիական տնտեսական միությանն անդամակցելու համատեքստում ձևավորվող ավելի ընդարձակ սպառողական շուկան և ամենակարևորը՝ շահույթի բարձր տոկոսը՝ զարգացած շուկայական տնտեսությամբ երկրներում ստացվող շահույթի համեմատ, Հայաստանը գրավիչ են դարձնում արտասահմանյան գործարարների համար: Սակայն արտասահմանյան ներդրողների մեծ մասը, չցանկանալով մեծ գումարներ ռիսկի ենթարկել, միայն ձևավորում են իրենց ձեռնարկատիրական գործունեության համար ընդունելի կառուցվածքներ, դրանք չլցնելով ֆինանսական միջոցներով՝

սպասելով իրավիճակի առավել կայունացմանը [14]:

Արտասահմանյան կապիտալով գործարարությանը, ընդհանուր առմամբ, բնորոշ է՝ ոչ-մեծ հիմնադիր ֆոնդը, ձգտումը ներգրավել լրացուցիչ միջոցներ՝ գործունեության դիվերսիֆիկացման ուղղությամբ՝ մատչելի պայմաններով վարկերի ձևով, ուղղվածությունը՝ պատրաստի արտադրանքը վաճառել ազատ փոխարկելի արժույթով:

Արտասահմանյան ներդրողներին տրվել է հնարավորություն՝ կապիտալները ներդնել տնտեսության ցանկացած ճյուղում, հասկանալի է, բացի այն ճյուղերից, որոնց վրա տարածվում են համապատասխան օրենքների կամ ենթաօրենսդրական իրավական ակտերի սահմանափակող դրույթները: Նրանք կարող են միջոցներ ներդնել նոր ստեղծվող և արդիականացվող հիմնարկներում, արժեթղթերում, իրավունք ձեռք բերել մտավոր սեփականության կառավարման ոլորտում: Ընդորում, մեր երկրում, համաձայն գործող օրենսդրության [15], արտասահմանյան կապիտալի մասնակցությամբ, համաձայն կապիտալի պատկանելության չափորոշիչի, կարող են գործել չորս տիպի ձեռնարկություն՝

- հիմնարկություններ օտարերկրյա կապիտալի մասնակցությամբ,
- կառույցներ, որոնք ամբողջովին պատկանում են օտարերկրյա ներդրողներին, ինչպես նաև դրանց դուստր ձեռնարկություններ և մասնաճյուղեր,
- արտասահմանյան իրավաբանական անձանց մասնաճյուղերը,
- արտասահմանյան ֆիրմաների ներկայացուցչություններ:

Այսպիսով, հույժ կարևոր է բարենպաստ պայմանների ստեղծումը տնտեսության կառուցվածքային բարեփոխումների համար, հստակ մարտավարության մշակումը՝ դրան հաղորդելով հստակ ուղղվածություն՝ ոչ միայն առանձնացնելով անհրաժեշտ առաջնահերթությունները, այլև օգտագործելով ներդրումների խթանման անմիջական և անուղղակի մեթոդների ամբողջ զինանոցը՝ կապիտալի ներհոսքի ապահովման համար հատկապես գիտատար արտադրություններում և տնտեսության իրական հատվածի այլ ենթաճյուղերում:

Աղյուսակ 2

Հայաստանի տնտեսության իրական հատվածում կատարված արտերկրի ներդրումներն՝ ըստ երկրների առաջին տասնյակի, 2018թ.

Երկրներ	2017թ. հունվար-դեկտեմբեր		2018թ. հունվար-դեկտեմբեր		Բացարձակ փոփոխությունը	
	զուտ հոսքեր[1]		զուտ հոսքեր[1]			
	ընդամենը[2] ներդրումներ	որից՝ արտաքին ներդրումներ	ընդամենը[2] ներդրումներ	որից ուղղակի ներդրումներ	ընդամենը[2] ներդրումներ	որից՝ ուղղակի ներդրումներ
ԸՆԴԱՄԵՆԸ	74 619.9	93 043.9	27 581.4	111 870.5	-47 038.5	18 826.6
այդ թվում						
Ջերսի	107 888.2	107 888.2	20 640.0	20 640.0	87 248.2	-87 248.2
Գերմանիա	2 931.6	14 419.0	-30 923.2	15 602.3	-33 854.8	1 183.3
Լյուքսեմբուրգ	2 890.1	-21 891.2	1 724.6	-1 067.1	-1 165.5	20 824.1
Հունգարիա	1 671.4	1 613.2	195.6	-5.3	-1 475.7	-1 618.5
Պանամա	1 053.5	-212.8	-280.2	-	-1 333.7	212.8
Կուբա	751.1	751.1	126.1	126.1	-625.0	-625.0
Իռլանդիա	650.9	634.4	1 570.6	1 436.4	919.7	802.0
Արաբական Միացյալ Էմիրություններ	492.3	480.9	567.0	587.7	74.7	106.8
Միացյալ Թագավորություն	394.9	1 648.2	4 052.0	745.8	3 657.1	-902.4
Շվեյցարիա	328.0	275.6	322.8	257.4	-5.2	-18.2

Արտասահմանյան ներդրումների ծավալները տեղական շուկայում տարեցտարի մեծանում են, սակայն տարիմաստությունն այն է, որ եթե բոլոր եվրոպական երկրներում արտասահմանյան ներդրումների ծավալների աճի տեմպերը սովորաբար հետ են մնում տեղական ներդրումներից, ապա Հայաստանում մինչ օրս շարունակվում է հայրենական ներդրումների անկումը արտասահման-

յանի գրեթե կրկնակի աճի դեպքում: Ըստ որում, ՕՈՒՆ-ի կառուցվածքում, չնչին բացառությամբ, գրեթե բացակայում են պորտֆելային ներդրումները: Ներկայումս աստիճանաբար փոխվում է այդ ներդրումների կառուցվածքը և աշխարհագրությունը [16]:

Համաշխարհային պրակտիկայում հայտնի արտասահմանյան ներդրումների գրեթե բոլոր ձևերն առկա են Հայաստանի տնտեսությունում. արտասահմանյան երկրների կառավարություններից, պորտֆելային՝ ներդրումային ֆոնդերից, կորպորատիվ արժեթղթերի գնման բանկերից, մարտավարական ներճյուղային՝ խոշոր արևմտյան ձեռնարկություններից և մատակարարների հետ աշխատանքի կազմակերպման համար տրեյդերներից, նպատակային՝ առանձին մանր ֆիրմաներից և ոչ պետական պրոֆեսիոնալ կամ տարածաշրջանային միավորումներից՝ հիմնականում հետխորհրդային տարբեր երկրներից՝ արտադրության աջակցման համար:

Ներկայումս Հայաստանում ներկայացված են հիմնականում ուղղակի ներդրումները՝ կապված լիազոր ներկայացուցիչների արժեթղթերի շուկա մուտքի հետ և սահմանափակումների հանումով՝ ըստ վերջինիս գործարքների եկամտաբերության: Իսկ ինչ վերաբերում է հայրենական ձեռնարկություններում և բանկերում արտերկրի խոշոր ընկերությունների երկրի համար առավել նախընտրելի մարտավարական ներճյուղային ֆինանսային ներդրումներին, դրանց մակարդակը դեռևս ցածր է: Բացի այդ, բյուջետային դեֆիցիտի պահպանումը, պետական պարտքի մեծացումը բերում են ներքին ներդրումների կրճատմանը:

Ոչ պակաս կարևոր է նշել, որ նաև քիչ են օգտագործվում փոխառու միջոցները արդյունաբերական ներդրումների համար [17]: Տարբեր հետխորհրդային երկրներում, մասնավորապես, Ռուսաստանում Արևմուտքի վարկերն օգտագործվում են ոչ թե տնտեսության զարգացման, այլ աշխատավարձերի և թոշակների ճեղքվածքները փակելու համար, արևմտյան վարկերը մոտ 3,5 անգամ փոքր են, քան այն գումարները, որոնք «նոր ռուսները» տեղափոխում են արևմտյան բանկեր, և հետևաբար, կա տեսակետ առ այն, որ ոչ այնքան Արևմուտքն է ֆինանսավորում Ռուսաստանին, որքան Ռուսաստանը՝ Արևմուտքին: Ուկրաինայում, 2013 թվականից սկսած ներքաղաքական, իսկ ավելի ուշ՝ արտաքին քաղաքական հակամարտությունների պատճառով Ռուսաստանի հանդեպ ձեռնարկած բոլոր քայլերը, ներառյալ՝ պատժամիջոցները, տնտեսապես ավելի մեծ վնաս հասցրին հենց արևմտյան ընկերություններին [18]: Արդյունքում, 2019թ. նախագահական ընտրություններում Ուկրաինայի նախագահ ընտրվեց տնտեսության, կառավարման և ընդհանրապես քաղաքական գործունեության հետ ոչ մի առնչություն չունեցող թեկնածուն: Նման պայմաններում կարելի է խոսել ներդրումային ճգնաժամի մասին, որը սպառնալիք է ստեղծում երկրի անվտանգությանը:

Այսպիսով, ստեղծված իրավիճակում ներդրումների ծավալներով Հայաստանը զիջում է գրեթե բոլոր հետխորհրդային երկրներին: Հետևաբար, ներդրումային անվտանգությունը պետք է դիտարկվի որպես ազգային տնտեսության աշխուժացման կարևորագույն նախապայման, ըստ որում՝ շեշտը դնելով ներքին ներդրումների աշխուժացման, խառը մասնակցությամբ ներդրումային հիմնադրամով ներքին և արտաքին, պետական և մասնավոր ներդրումների հնարավորինս մեծ ծավալների ներգրավման վրա: Հակառակ դեպքում, անխուսափելի է կախվածությունն արտաքին շուկաներից, մասնավորապես, ներմուծումներից նկատվող հսկայական կախվածությունն ու դրա եռապատիկ գերազանցումը արտահանման ծավալներին, ինչը կհանգեցնի սպառողական ապրանքների գների հետագա աճին, բնակչության վճարունակության, հետևաբար նաև՝ համախառն պահանջարկի անկմանը, արտադրության ծավալների կրճատմանը, գործազրկության մակարդակի բարձրացմանը, սոցիալական լարվածության և այլ անցանկալի զարգացումների: Այս իմաստով, առանձին վերլուծության առարկա է վերջին տարիներին դժվար կառավարելի սպառնալիք հանդիսացող սպառողական ապրանքների բարձր գնաճը: Սրանք այն անցանկալի երևույթներն են, որոնց դեմ պայքարը Հայաստանի ներկա իշխանությունների տնտեսական օրակարգի առանցքային խնդիրների շարքը պետք է դասվի:

Գրականություն

1. Ազգային վիճակագրական ծառայության տվյալները՝ https://www.armstat.am/file/article/sv_02_19a_420.pdf
2. ՀՀ Կառավարության գործունեության ծրագիրը. - Երևան, 2019, www.gov.am
3. Госкомстат СССР վիճակագրական ժողովածուների տարբեր տարիների հրապարակումների տվյալները

4. Кавказ. узел, https://www.kavkaz-uzel.eu/blogs/83781/posts/33459
5. World Factbook 2018, available at https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/
6. World Economic Forum, available at https://www.weforum.org/
7. Ազգային վիճակագրական ծառայության տվյալները՝ https://www.armstat.am/file/article/sv_02_19a_420.pdf
8. Сущность, цели и средства индустриализации, на сайте http://russia.iratta.com/17.php
9. Economies of Scale in Computing: Grosch's Law Revisited. December 1987, Communications of the ACM 30(12):1066-1072, DOI: 10.1145/33447.33452, Source DBLP, Haim Mendelson, available at https://www.researchgate.net/publication/220426748
10. Harrod – Domar growth model, available at http://www.sanandres.esc.edu.ar/secondary/economics%20packs/development_economics/page_40.htm
11. Ամուլսարի հանքի շահագործման տնտեսական և էկոլոգիական հետևանքները, https://hetq.am/hy/article/84915
12. www.parliament.am
13. Reilly F.K., Brown K.C. Investment Analysis and Portfolio Management. - The Dryden Press, 1997. – P. 23-29.
14. **Серегин В.П., Степанов В.П., Халевинская Е.Д.** Современный взгляд на иностранные инвестиций в России. - Марин инжиниринг сервис, 1994. - 96 с.
15. www.parliament.am
16. https://www.armstat.am/file/article/sv_02_19a_420.pdf
17. Lee Altenberg, Beyond Capitalism. Leland Stanford's Forgotten Vision // Published in Sandstone and Tile. -1990. - Vol. 14 (1): 8-20, Winter 1990, Stanford Historical Society, Stanford, California. - P. 45-48.
18. Экономические санкции США и ЕС против России, **http://www.regnum.ru/dossier/2044.html**

11.05.2019.

Т.Н. Манасерян

ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ В СИСТЕМЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АРМЕНИИ

Если инвестиции на микроуровне могут быть добровольными, исходя из стратегических или текущих целей и финансовых возможностей предприятия, а также готовности привлекать ресурсы заимствований за рубежом, то экономическое развитие любой страны, как правило, невозможно представить без совместного и эффективного использования внутренних и иностранных инвестиций. Следовательно, для поддержания стабильного и высокого экономического роста и обеспечения достаточного уровня экономической безопасности государство должно предоставить привлекательную и здоровую инвестиционную среду.

***Ключевые слова**: инвестиции, инновации, экономическая безопасность, уровень жизни населения, высокие технологии, экономический рост.*

T.N. Manaseryan

INVESTMENTS AND INNOVATIONS IN THE SYSTEM OF ECONOMIC SECURITY OF ARMENIA

If investments at the micro level can be voluntary on the basis of strategic or current goals and financial capabilities of an enterprise, as well as readiness to attract borrowing resources abroad, it is usually impossible to imagine the economic development of any country without the joint and effective use of domestic and foreign investments. Therefore, in order to maintain stable and high economic growth and ensure an adequate level of economic security, the state must provide an attractive and healthy investment environment.

***Keywords:** investments, innovations, economic security, living standards, high technologies, economic growth.*

Մանասերյան Թաթուլ Նորայրի – տնտ. դոկտոր (Տնտեսագիտության և կառավարման ֆակուլտետի պրոֆեսոր), ԵՊՀ

ISSN 1829 - 0043 ВЕСТНИК ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ АРМЕНИИ (ВИАА). 2019. Т.16, № 1

УДК 005:342.330:322(479.25) **ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

Э.С. Арустамян

ИНВЕСТИЦИИ В РЕАЛЬНЫЙ СЕКТОР ЭКОНОМИКИ

Развитие экономики любой страны напрямую зависит от объема привлекаемых инвестиций. Для выполнения амбициозных планов Правительства Реапублики Армения по значительному ускорению темпов роста экономики требуется резкое увеличение притока инвестиций и, в первую очередь, инвестиций, направленных в реальный сектор экономики, в основной капитал. В статье рассмотрены различные варианты и схемы привлечения инвестиций: как прямых иностранных инвестиций, так и кредитов зарубежных банков под страховое покрытие Экспортных Кредитных Агентств. Многократное увеличение притока иностранных инвестиций возможно только при создании в стране благоприятного инвестиционного климата, привлекательных условий и гарантий для ведения бизнеса иностранцами. Подробно описаны конкретные схемы реализации инвестиционных проектов. Отмечены роль и задачи Инженерной академии Армении в вопросах разработки теоретических основ и реализации практических мер по привлечению инвестиций в реальный сектор армянской экономики.

Ключевые слова: *экономика, инвестиции, прямые иностранные инвестиции, кредиты, страхование, экспортные кредитные агентства, инвестиционный климат, экспортер, импортер, кредитный договор, гарантия, экспортный контракт.*

Введение. Настоящая статья открывает серию публикаций под эгидой Инженерной академии Армении (ИАА), направленных на разработку теоретических основ и реализацию практических мер по резкому увеличению притока инвестиций в реальный сектор экономики Армении [1-7].

После апрельской революции 2018 г., провозгласившей основными приоритетами Новой Армении беспощадную борьбу с коррупцией, ликвидацию олигархического режима, создание благоприятных условий для ведения бизнеса, равенство всех граждан перед законом, взятие целенаправленного курса на создание демократического общества, руководством РА была поставлена амбициозная задача по превращению в короткие сроки страны в экономически развитое государство, способное привлечь не менее 3 млн армян из диаспоры для постоянного проживания и работы в Армении.

Развитие экономического потенциала любой страны напрямую связано с объемом привлекаемых инвестиций и, в первую очередь, инвестиций, направленных в реальный сектор экономики, в основной капитал.

Инвестиции – это питательная среда, без наличия которой экономический организм попросту зачахнет.

Таким образом, для выполнения амбициозных планов, направленных на существенное увеличение в короткие сроки темпов роста экономики, ее макроэкономических показателей, стране необходимо многократно увеличить в самые короткие сроки приток инвестиций в основной капитал как собственных хозяйственных субъектов, так и иностранных инвестиций.

Руководство страны (Президент и Премьер-министр) лично прилагает поистине героические усилия по привлечению инвесторов из разных экономически развитых стран для создания бизнеса в Армении. Однако добиться существенного увеличения притока прямых иностранных инвестиций в страну, где практически отсутствует инвестиционная инфраструктура,- трудновыполнимая задача.

Перед Арменией стоит серьезная задача: постараться убедить представителей зарубежного бизнеса вложить средства в экономику другой страны. Это станет возможным, если удастся добиться высокого уровня доверия с их стороны. Без серьезных стимулов иностранные инвесторы не станут вкладывать денежные средства в страну с неизвестными им экономическими условиями.

Таким образом, если правительство Армении хочет привлечь иностранные инвестиции, то необходимо создать привлекательные условия для ведения бизнеса в стране, к числу которых относятся:

− стабильная политическая обстановка в стране и гарантии для иностранных инвесторов;

− благоприятные налоговые условия и стабильность законодательства;

− наличие профессиональных квалифицированных кадров;

− недорогая рабочая сила;

− специальные льготы, предусмотренные для инвесторов, и др.

Потребуются большая и серьезная планомерная работа с привлечением многих специалистов в области инвестиционной и экспортной политики с целью разработки стратегии развития инвестиционной политики страны, разработки теоретических основ и реализации практических мер по многократному увеличению притока инвестиций в экономику страны, а также нацеленная на краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные периоды планомерная работа по разработке законодательных, нормативных, структурных и организационно-технических мероприятий, направленных на создание инвестиционной инфраструктуры, привлекательного инвестиционного климата и развитие экспортного потенциала.

Инвестиционный климат – это совокупность политических, экономических, социальных, юридических, организационных и бытовых факторов, которые оказывают влияние на степень риска инвестора, вкладывающего финансовые средства в бизнес, и достижение им запланированной прибыли.

Армения нуждается в притоке иностранных инвестиций. В 2017 г. прямые иностранные инвестиции в экономику Грузии в 7,3 раза превысили прямые иностранные инвестиции в экономику Армении, так что у нас есть к чему стремиться. Роль иностранных инвестиций в росте макроэкономических показателей велика.

Иностранные инвестиции – это не только вложенные денежные средства в национальную экономику страны-реципиента, но, опосредованно, это влияние на развитие технологии; повышение технологического уровня в промышленности и сельском хозяйстве; повышение культуры производства; повышение профессионального уровня работников и создание квалифицированных кадров; развитие инновационных технологических разработок, осуществляемых за счет финансирования НИОКР предприятий с иностранным капиталом.

Создание благоприятного инвестиционного климата в стране в короткие сроки потребует, как сказано выше, серьезных научно-технических и организационных разработок, однако эта задача вполне выполнима при наличии политической воли руководства страны.

Инженерная академия Армении является общественной структурой, в которой собраны лучшие инженерные кадры республики, эксперты и специалисты в области разработки промышленных и агропромышленных технологий.

ИАА не может остаться в стороне от выполнения амбициозных задач Правительства РА по значительному увеличению темпов экономического развития страны и многократному росту притока инвестиций в экономику.

С этой целью в структуре ИАА создано новое структурное подразделение по “Инвестиционной и инновационной политике и развитию экспортного потенциала”, основными задачами которого являются:

− разработка методологии по созданию инвестиционной инфраструктуры и привлекательного инвестиционного климата для инвесторов;

− разработка Программы по локализации иностранных технологий;

− разработка Программы импортозамещения и развития экспортного потенциала;

− разработка Программы развития инновационной деятельности.

В настоящее время Инженерной академией Армении подписаны соглашения с российскими организациями, работающими под эгидой Санкт-Петербургской Инженерной академии: Некоммерческим Партнерством развития потенциала внешнеторгового оборота “Европейская Инвестиционная Финансовая Группа” [5] и Автономной некоммерческой организацией “Иннопром”, которые имеют многолетний опыт работы по инновационной деятельности, привлечению иностранных инвестиций в основной капитал и развитию экспортного потенциала для предприятий малого и среднего бизнеса.

Уже в 2019 г. планируется создание подразделений этих организаций в Армении под эгидой ИАА.

Инвестиции в основной капитал. Рассмотрим различные варианты привлечения инвестиций в реальный сектор экономики, в основной капитал.

Речь идет об инвестициях в нефинансовые активы, основное место среди которых (более 98%) занимают инвестиции в основной капитал, которые представляют собой совокупность затрат, направленных на создание и воспроизводство основных фондов. Это строительство новых объектов стоимости; расширение, реконструкция, модернизация действующих предприятий и производств; их частичное, либо полное техническое перевооружение на основе новейших иностранных технологий и высокопроизводительного оборудования, позволяющих выпускать высококачественную продукцию, соответствующую мировым стандартам качества и направленную на экспорт и импортозамещение.

Прежде всего остановимся на макроэкономической ситуации, связанной с притоком инвестиций в экономику Армении.

В табл. 1 приведены основные макроэкономические показатели страны за 2016 – 2018 гг. в соответствии с данными Статистического комитета Республики Армения [2].

Таблица 1

Основные макроэкономические показатели Республики Армения

	Показатели	**2016 г.**		**2017 г.**		**2018 г.**	
		значение	по сравнению с тем же периодом прошлого года (%)	значение	по сравнению с тем же периодом прошлого года (%)	значение	по сравнению с тем же периодом прошлого года (%)
1	ВВП (млрд. $)	**10,55**	100,2	**11,53**	107,5	**12,43**	105,2
	Продукция промышленности (млрд. $)	**2,98**	106,9	**3,44**	112,5	**3,6**	104,3
	Продукция сельского хозяйства (млрд. $)	**1,83**	96,2	**1,88**	97,2	**1,84**	92,4
2	ВВП на душу населения ($)	**3533**		**3879**		**4196**	
3	Внешнеторговый оборот всего (млрд. $), в т.ч.:	**5,065**	107,2	**6,33**	125,8	**7,375**	116,4
3.1	Экспорт всего (млрд.$), в т.ч.:	**1,79**	107,6	**2,24**	124,9	**2,41**	107,8
3.1.1	Экспорт в ЕАЭС (млрд.$)	**0,394**		**0,555**		**0,689**	
3.2	Импорт всего (млрд.$), в т.ч.:	**3,273**	101,1	**4,097**	125,2	**4,963**	121,1
3.2.1	Импорт в ЕАЭС (млрд.$)	**0,935**		**1,306**		**1,438**	
4	Отрицательное сальдо внешнеторгового оборота (млрд.$)	**1,483**		**1,857**		**2,553**	
5	Прямые иностранные инвестиции (млн. $)			**249,8**		**254,3**	
	Показатель экономической активности (%)		100,7		107,7		105,6
6	Инфляция (%)	**-1,27**		**2,6**		**1,8**	
7	Население (млн. чел.)	**2,986**		**2,972**		**2,962**	
8	Курс $ к армянскому драму	**480,5**		**482,7**		**483**	

Как видно из таблицы, тренды развития экономики Армении в 2018 г. характеризуются замедлением темпов роста экономики, в том числе падением темпов роста аграрного сектора,

снижением экономической активности населения. Рост пассивного сальдо торгового баланса для страны со слаборазвитой экономикой, какой является Армения, является отрицательным фактором и может быть одной из причин, способствующих девальвации национальной валюты.

В настоящей статье не ставится цель проведение глубокого анализа макроэкономических показателей, в том числе причин роста пассивного сальдо торгового баланса и его влияния на экономику, т.к. для этого необходимо было бы провести исследование торгового баланса по текущим операциям, выявить все потоки активов, связанных с передвижением услуг и товаров.

В целом пассивный внешнеторговый баланс отрицательно сказывается на имидже страны, обозначая, что страна является не инвестором, а должником.

Дефицит торгового баланса может финансироваться притоком иностранных инвестиций, а также кредитами международных финансовых организаций.

Перед нами стоит задача обсуждения возможностей страны по повышению ее инвестиционной привлекательности для инвесторов, поиска различных путей с использованием существующего мирового опыта по значительному увеличению притока инвестиций в страну со слаборазвитой экономикой.

Прямые иностранные инвестиции. Наиболее привлекательным и эффективным способом получения иностранных финансовых ресурсов является приход иностранного инвестора с целью создания бизнеса, т.е. прямые иностранные инвестиции (ПИИ).

Для привлечения иностранного бизнеса в страну требуется проведение большой и серьезной работы, которую начала проводить Инженерная академия Армении, по созданию благоприятного инвестиционного климата, о чем было отмечено выше.

Кроме того, прямые иностранные инвестиции остро реагируют на санкции, вводимые против страны-реципиента. Так, в связи с ужесточением санкций в 2018 г. прямые иностранные инвестиции в Россию сократились более чем в два раза по сравнению с 2017 г. (с 27 млрд. $ 13 млрд. $).

В последние годы наблюдается мировая тенденция по сокращению притока прямых иностранных инвестиций. По данным UNSTAD (Конференция ООН по торговле и развитию), с 2016 по 2018 гг. прямые иностранные инвестиции сократились с 1,81 трлн. $ до 1,2 трлн. $, т.е. на 600 млрд. [7]. Особенно это отразилось на Европе, в которой в 2018 г. совокупный объем прямых иностранных инвестиций упал до 100 млрд. $ (уровень 1990 г.).

В табл. 2 приведен рейтинг некоторых стран мира по притоку прямых иностранных инвестиций.

Таблица 2

Рейтинг некоторых стран мира по притоку ПИИ

Страна	**2017**	**2018**
	млрд.$	**млрд.$**
США	354,8	226
Нидерланды	316,5	вся Европа = 100
Китай	168,2	142
Гонконг	122	
Германия	77,9	
Грузия	1,8	
Армения	0,24	0,25

Экспортное финансирование инвестиционных проектов. Одно из интересных направлений по привлечению финансовых средств в реальный сектор экономики - использование

механизма финансирования иностранными банками армянских импортеров, осуществляющих инвестиционные проекты, либо закупки оборудования у иностранных поставщиков из стран, банки которых финансируют экспортные сделки своих компаний.

Финансирование экспортных кредитов осуществляется под страховое покрытие Экспортных Кредитных Агентств соответствующих стран.

Привлекательным отличием этого направления экспортного финансирования является то, что оно практически не зависит от санкций, введенных против страны, являющейся получателем финансовых ресурсов. Ниже подробно раскрыты механизм и различные схемы осуществления финансирования проектов.

НП "Европейская Инвестиционная Финансовая Группа" имеет более чем пятнадцатилетний опыт сотрудничества с чешскими банками и чешской страховой компанией ЭГАП (Акционерное общество "Экспортное гарантийно-страховое общество" со 100% государственным капиталом) по привлечению среднесрочных и долгосрочных инвестиций в российскую экономику в рамках Программы экспортного финансирования, а также с рядом крупных европейских банков в области краткосрочного финансирования закупок импортного оборудования и транспортных средств, что позволило накопить большой опыт и досконально изучить различные варианты и схемы осуществления инвестиционных проектов с обеспечением максимальной выгоды для импортера [3, 4].

Схемы финансирования инвестиционных проектов. Программа экспортного финансирования, осуществляемая чешскими банками под страховое покрытие ЭГАП, предусматривает наличие доли чешского экспорта в виде товаров, работ и услуг в объеме до 50% от выделенного кредита. Таким образом, эта Программа направлена, прежде всего, на поддержку собственного экспорта, так как банки стимулируют собственных товаропроизводителей для осуществления экспорта путем выдачи кредитов Покупателю продукции, т.е. в нашем случае - армянскому импортеру (инвестору).

Схема финансирования инвестиционных проектов предусматривает привлечение заемных средств в виде банковского кредита иностранных банков (в нашем случае – чешских банков) в объеме до 85% и собственных средств в объеме не менее 15% - для осуществления авансовых платежей.

Положительным результатом применения предлагаемой схемы финансирования для армянских инвесторов является то, что это позволит обеспечить проектирование, строительство и монтаж инвестиционных объектов "под ключ", приобретение комплектных технологических линий, технологического и вспомогательного оборудования, в том числе оплачивать за счет дешевых кредитных ресурсов услуги и оборудование из третьих стран в объеме до 35%, а также оборудование и услуги из Армении в объеме до 30%.

Программа экспортного финансирования, осуществляемая чешскими банками, направлена, прежде всего, на поддержку чешского экспорта [4]. Но, с другой стороны, выделяемые финансовые ресурсы позволят армянским инвесторам создать в короткие сроки высокотехнологичные производства, реконструировать действующие предприятия с модернизацией оборудования; наладить выпуск экспортоориентированной продукции и фактически только через 6 месяцев после пуска производства (точнее, через 6 месяцев после последней выборки кредита "starting point") начать возврат кредита банку.

Кредитные линии чешских банков, как и других европейских банков, могут быть краткосрочными – до 2 лет, среднесрочными – до 5 лет и долгосрочными – свыше 5 лет (в большинстве случаев - до 7-8 лет), но в отдельных случаях сроки реализации инвестиционных проектов могут достигать 10 лет и более, что приводит к увеличению эффективной процентной ставки за счет повышения процентов, связанных со страхованием, до 1,5% и более [4].

На рис. 1-3 приведены три варианта экспортных кредитных линий, осуществляемых чешскими банками.

Согласно схеме рис. 1, инвестор (покупатель), в нашем случае – армянский предприниматель, финансируется чешскими банками не напрямую, а посредством уполномоченных банков, т.е. кредит выдается армянскому банку, который становится должником и, в свою очередь, финансирует армянского инвестора.

При этом, как правило, заключаются следующие договоры:

1. Договор поставки между чешским экспортером и армянским импортером (экспортный контракт).
2. Кредитный договор между армянским импортером и уполномоченным армянским банком.
3. Кредитный договор между чешским банком и армянским банком.
4. Страховой договор между чешским банком и ЭГАПом.

Рис. 1. Работа через армянские уполномоченные банки

Эта схема является наиболее предпочтительной для чешского банка и ЭГАПа, так как она снижает риски невозврата денежных средств, учитывая, что должником становится армянский уполномоченный банк.

Но эта схема наиболее обременительна для армянского инвестора, т.к. к процентной ставке чешского банка и затратам на страхование (ЭГАП) добавляется процентная ставка уполномоченного банка.

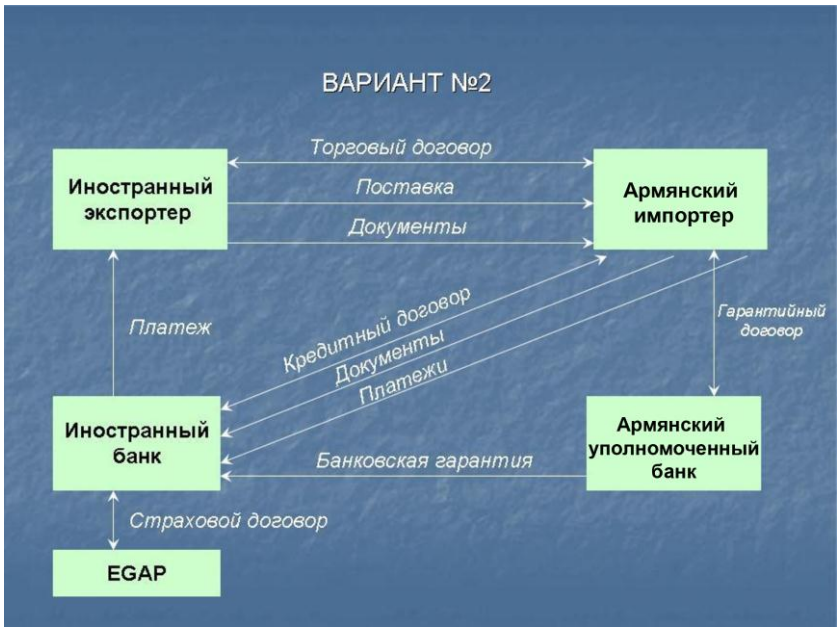


Рис. 2. Экспортная кредитная линия под гарантию армянского банка

Схема рис.2 облегчает положение армянского заемщика, т.к. предусматривает только наличие гарантии со стороны уполномоченного армянского банка на проведение экспортно-импортных операций. Кредитная ставка при представлении гарантии будет ниже, чем эффективная кредитная ставка в первой схеме.

В этом случае для открытия финансирования кредитной линии заключаются следующие договоры:

1. Договор поставки между чешским экспортером и армянским импортером (экспортный контракт).
2. Договор банковской гарантии между армянским импортером и армянским уполномоченным банком – гарантом.
3. Кредитный договор между чешским банком и армянским импортером.
4. Договор банковской гарантии между чешским и армянским банками.
5. Страховой договор между чешским банком и ЭГАП.

Наконец, схема рис. 3, разработанная инвестиционной компанией “Ти-Эй” (входит в состав НП “Европейская Инвестиционная Финансовая Группа”) совместно с чешскими банками и ЭГАП (носит название “Прямой кредит покупателю”), позволила обойтись без дополнительных гарантий и поручительств со стороны банков, что привело к существенному удешевлению кредитования.

Впервые схема “Прямой кредит покупателю” была внедрена в России НП "Европейская Инвестиционная Финансовая Группа" [5]. Инвестиционный кредит в размере 30,4 млн.евро был выделен на строительство фармацевтического завода российской компании по схеме “Прямой кредит покупателю” без гарантий и поручительства российских банков. Эффективная процентная ставка составила менее 4% годовых.

Безусловно, получение экспортного кредита по схеме “Прямой кредит покупателю” является наиболее предпочтительным для армянских инвесторов, так как при этой схеме кредитования существенно снижается кредитная ставка для импортера. С другой стороны, эта схема улучшает и конкурентные преимущества чешского экспортера с точки зрения сопроводительного финансирования его экспорта, согласно условиям, которые обычно предлагаются на международных финансовых рынках.

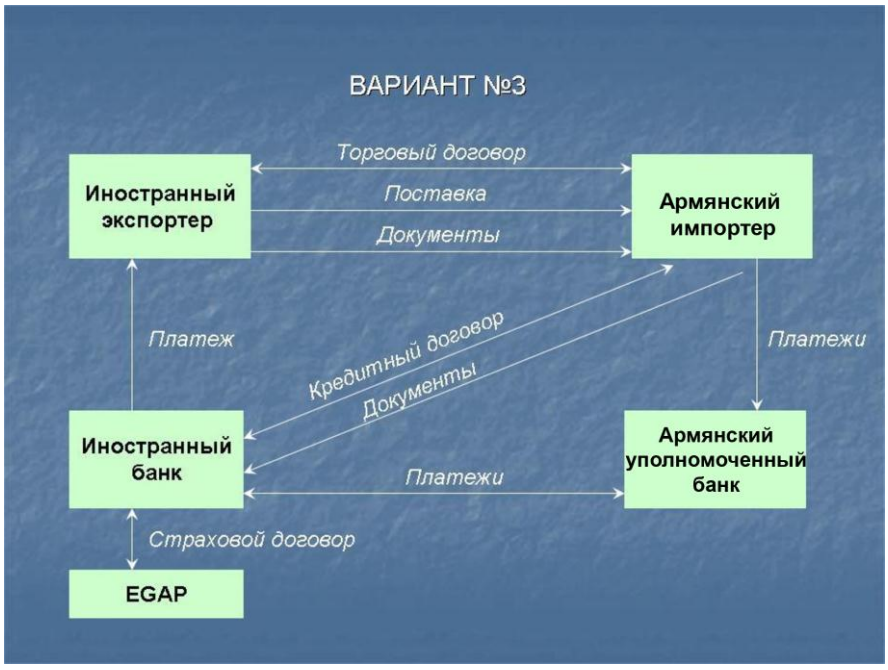


Рис. 3. Экспортная кредитная линия без гарантии армянского банка (“Прямой кредит покупателю”)

Необходимо отметить, что экспортные кредитные линии по схеме “Прямой кредит покупателю” требуют значительно более тщательной и глубокой подготовки инвестиционного

проекта, включая технико-экономическое обоснование и бизнес-планирование проекта, а также проведения в соответствии с требованиями международных финансовых организаций квалифицированных маркетинговых исследований с обоснованием правильности выбора проектной продукции, обычно подтверждаемой договорами с покупателями (“take or pay”).

Именно просчеты в оценке целесообразности выпуска проектной продукции и ее конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках, связанные с низким уровнем проведенного маркетинга, являются основными причинами дефолтов проектов.

Заключение. В нынешней непростой политической и экономической ситуации для решения поставленных руководством страны задач по повышению технологического уровня развития в промышленности и в агропромышленном секторе экономики привлечение финансовых ресурсов по Программе экспортного финансирования может серьезно повысить потенциал и возможности армянских инвесторов в области создания высокоэффективных экспортоориентированных предприятий, которые одновременно решили бы задачи по выпуску импортозамещающей продукции.

Стратегическое и планомерное осуществление Программы экспортного финансирования может оказать большую помощь в эффективном развитии особенно агропромышленного сектора республики: в создании современных, оснащенных новейшей европейской технологией животноводческих и птицеводческих кластеров, именно кластеров, а не отдельных объектов.

Сельское хозяйство Армении, в котором занято свыше 40% населения и которое производит около 20% ВВП страны и дает 18% экспортных поступлений, обладает огромным потенциалом для развития и при наличии финансирования инвестиционных проектов способно многократно увеличить выпуск сельхозпродукции и продуктов питания.

Главные проблемы аграрного сектора страны заключаются в низкой производительности труда и эффективности производства, необходимости повышения уровня знаний, квалификации и навыков сельхозпроизводителей.

Привлечение инвестиций поможет справиться с этими проблемами в кратчайшие сроки.

С нашей точки зрения, кластерное развитие агропромышленного сектора, включающего создание целого ряда взаимосвязанных предприятий, объединенных в единый производственно-складской логистический комплекс, позволит сельскохозяйственному производству превратиться в современный высокоэффективный сектор экономики Армении.

Агропромышленные кластеры могут объединять как небольшие, так и средние и крупные предприятия. Важно, чтобы в данном комплексе были объединены хозяйственные субъекты, обеспечивающие высокотехнологичные методы работы по выпуску высококачественной экспортоориентированной и импортозамещающей продукции.

В заключение приведем высказывание выдающегося экономиста, академика А.Г. Аганбекяна о том, что важнейшим направлением в повышении эффективности экономической деятельности страны является глубоко продуманная политика создания и развития отраслевых структур кластерного типа.

Именно создание кластерной экономики позволит Армении значительно повысить эффективность управления экономикой и даст толчок ускоренному развитию страны.

Инженерная академия Армении готова не только принимать самое активное участие в организации финансирования инвестиционных проектов, проведении экспертизы технологической новизны проекта, но и оказывать армянским инвесторам консультативную и практическую помощь в подготовке необходимой для получения кредитов документации, включая проведение маркетинговых и экологических исследований, и в разработке экспертных заключений по проекту.

Инженерная академия Армении готова к тесному сотрудничеству с Министерством экономического развития и инвестиций и другими министерствами и ведомствами по всем вопросам, касающимся привлечения инвестиций и развития экспортного потенциала.

Литература

1. **Арустамян Э.С.** Простые и двойные складские свидетельства. Теория и практика регионального применения, - М.: Издательский дом “Гамма”, 2001.
2. Статистический комитет Республики Армения, https://www.armstat.am/ru/
3. «Перечень страховых продуктов, поддерживающих чешский экспорт и инвестиции за рубежом», Акционерное общество “Экспортное гарантийно-страховое общество” (EGAP), www.egap.cz
4. Komerční banka, https://www.kb.cz/en/
5. Некоммерческое партнерство развития потенциала внешнеторгового оборота «Европейская Инвестиционная Финансовая Группа», http://euroinvestfinance.com/?page_id=165
6. **Арустамян Э.С.** Доклад на международной конференции в Министерстве экономического развития РФ «Внешнеэкономическая деятельность как фактор эффективного развития малых и средних предприятий в субъектах Российской Федерации». - 2018.
7. UNSTAD (Конференция ООН по торговле и развитию), https://unctad.org/en

25.05.2019.

Է.Ս. Առուստամյան

ՆԵՐԴՐՈՒՄՆԵՐԸ ՏՆՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ԻՐԱԿԱՆ ՍԵԿՏՈՐՈՒՄ

Յանկացած երկրի տնտեսության զարգացումն ուղղակիորեն կախված է ներդրումներից: Հայաստանի Հանրապետության կառավարության պատվախնդիր պլանների կատարման համար պահանջվում է հիմնական կապիտալում ներդրումների ներհոսքի, առաջին հերթին՝ տնտեսության ռեալ սեկտորին ուղղված ներդրումների կտրուկ մեծացում: Հոդվածում դիտարկվել են արտահանման վարկային գործակալությունների ապահովագրական հովանու տակ սխեմաներ, ինչպես արտերկրի, ուղղակի, այնպես էլ արտասահմանյան բանկերի ներդրումների ներգրավման զանազան տարբերակներ: Արտասահմանյան ներդրումների հոսքի բազմակի մեծացումները հնարավոր են միայն երկրում բարենպաստ ներդրումային կլիմայի, գրավիչ պայմանների և արտասահմանցիների կողմից բիզնեսով զբաղվելու երաշխիքների ստեղծման դեպքում: Մանրամասն նկարագրված են ներդրումային նախագծերի իրացման որոշակի սխեմաները: Նշվել են Հայաստանի ինժեներական ակադեմիայի դերն ու խնդիրները հայկական էկոնոմիկայի իրական սեկտորը ներդրումների ներգրավման համար տեսական հիմունքների և գործնական միջոցառումների մշակման հարցերում.

Առանցքային բառեր. *էկոնոմիկա, ներդրումներ, ուղղակի արտասահմանյան ներդրումներ, վարկեր, ապահովագրում, արտասահմանյան վարկային գործակալություններ, ներդրումային կլիմա, վարկային պայմանագրեր, երաշխիք, արտաքին պայմանագիր:*

E.S. Arustamyan

INVESTMENTS IN REAL SECTOR OF ECONOMY

The development of the economy of any country directly depends on the volume of attracted investments.To fulfill the ambitious plans of the Government of the Republic of Armenia to significant acceleration of economic growth, will require a sharp increase of investments flows, primarily investments into the real economy, into fixed capital.The article reviewed various options and schemes for attracting investments, both foreign direct investments and loans from foreign banks under the insurance coverage of Export Credit Agencies (ECA). Multiple increase of the inflow of foreign investments is possible only if the country creates a favorable investment climate, attractive conditions and guarantees for doing business by foreigners. Specific schemes for the implementation of investment projects are described in detail in the article. The article highlighted the role and tasks of Engineering Academy of Armenia in the development of theoretical foundations and the implementation of practical measures to attract investments in the real sector of the Armenian economy.

Keywords: *economy, investments, direct foreign investments, loans, insurance, Export Credit Agencies, investment climate, exporter, importer, loan agreement, guarantee, export contract.*

Арустамян Эрнест Санатрукович - иностранный член Инженерной академии Армении, действительный член Российской инженерной академии, президент НП “Европейская Инвестиционная Финансовая Группа”

ՀՏԴ 368.032 .1

ԷԿՈՆՈՄԻԿԱ ԵՎ ԿԱՌԱՎԱՐՈՒՄ

Ա.Լ. Առաքելյան, Ա.Գ. Գարեգինյան, Ա.Գ. Խաչատրյան

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱՊԱՀՈՎԱԳՐԱԿԱՆ ՇՈՒԿԱՅՈՒՄ ԳՈՐԾՈՂ ԸՆԿԵՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ԳՈՐԾՈՒՆԵՈՒԹՅԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ

Է. Ալթմանի և Ռ. Լիսի քառագործոն մոդելների օգնությամբ որոշվել է Հայաստանում գործող ապահովագրական ընկերությունների սնանկացման հավանականությունը: SPSS 16 փաթեթի միջոցով ապահովագրական ընկերությունների հիերարխիկ կլաստերային վերլուծության, ինչպես նաև այդ ընկերությունների շահույթի և դրա մեծության վրա ազդող ապահովագրավճարների ու վճարած հատուցումների միջև փոխադարձ կապը որոշելու համար կատարվել է ընկերությունների այդ ցուցանիշների կոռելյացիոն-ռեգրեսիոն վերլուծություն, որի հիման վրա կազմվել են այդ ցուցանիշների ռեգրեսիոն հավասարումները:

Առանցքային բառեր. *ապահովագրական ընկերություն, սնանկացման հավանականություն, ապահովագրավճար, ապահովագրական հատուցում, կլաստերային վերլուծություն, ցուցանիշների կոռելյացիոն-ռեգրեսիոն վերլուծություն:*

Վելուծական մեթոդների օգնությամբ ապահովագրական կազմակերպության ճգնաժամային զարգացման հայտանիշների վաղ հայտնաբերման ապահովումը, դրանց չեզոքացման օպերատիվ միջոցների ձեռնարկումը, ինչպես արդեն նշվել է, իրականացվում է սնանկացման կանխորոշման գործիքակազմի օգնությամբ: Տնտեսագետներն առաջարկում են կազմակերպության սնանակացման հավանականության կանխորոշման բազմաթիվ մեթոդակարգեր և մաթեմատիկական մոդելներ:

Ընկերությունների ֆինանսական գործունեության հավանական բարդացումների կանխատեսման վերլուծական գործակիցների հետազոտությունների սկիզբը դրվել է Միացյալ Նահանգներում դեռևս XX դարասկզբին: Արտասահմանյան ֆիրմաների ֆինանսատնտեսական գործունեության ժամանակակից պրակտիկայում սնանկացման հավանականության գնահատման լայն տարածում են ստացել Է. Ալթմանի երկգործոն, քառագործոն, հինգգործոն, յոթգործոն մոդելները և Ռ. Բիվերի հինգգործոն մոդելը [1], ինչպես նաև Դ. Արգենտիի, Ռ. Լիսի, Ա. Թաֆֆլերի ու Գ. Տիշոուի, Մ.Ջ. Գորդոնի, Դ. Ֆուլմերի, Լ.Վ. Սպարենգեյթի, Ժ.Դեպալյանի, Օ. Զայցևայի, Ռ. Սայֆուլլինի ու Գ. Կաղիկովի և այլոց մոդելները [2]:

Սնանկացման կանխորշման տարբեր համակարգերը հիմնված են կազմակերպությունների ֆինանսական վիճակը բնութագրող առանցքային ցուցանիշների հաշվարկման վրա, որոնց հիման վրա հաշվարկվում է սնանկացման հավանականության համալիր ցուցիչը: Այդ մեթոդակարգերը և մոդելները հնարավորություն են տալիս կանխատեսել ճգնաժամային իրավիճակի առաջացումը և վաղօրոք օգտագործել հակաճգնաժամային տարբեր ռազմավարություններ՝ մինչ ճգնաժամի աներկբա հայտանիշների ի հայտ գալը:

Սույն աշխատանքում Հայասատանում գործող ապահովագրական ընկերությունների սնանակացման հավանականության կանխատեսման համար օգտագործվել են ոչ արտադրական ձեռնարկությունների սնանակացման հավանականության Է. Ալթմանի և Ռ. Լիսի քառագործոն մոդելը:

Ոչ արտադրական ձեռնարկությունների համար Է. Ալթմանն առաջարկում է քառագործոն մոդել, որի ինտգրալային ցուցանիշի հաշվարկման բանաձևը հետևյալն է.

$$Z'' = 6{,}56 \cdot X_1 + 3{,}26 \cdot X_2 + 6{,}72 \cdot X_3 + 1{,}05 \cdot X_4, \quad (1)$$

որտեղ X_1 - ը շրջանառու կապիտալ / ակտիվներն են; X_2 - ը՝ չբաշխված շահույթ/ակտիվները; X_3 - ը՝ գործառնական շահույթ/ակտիվները; X_4 - ը՝ սեփական կապիտալ/ պարտավորությունները:

Մեկ տարվա կտրվածքով սնանկացման կանխատեսման ոչ արտադրական ձեռնարկությունների՝ Է. Ալթմանի մոդելի ճշտությունը՝ 90,9% է:

Զարգացող շուկաների համար Է. Ալթմանն ավելացնում է բանաձևին +3,25 հաստատուն մեծությունը, և բանաձևն ընդունում է հետևյալ տեսքը.

$$Z'' = 3{,}25 + 6{,}56 \cdot X_1 + 3{,}26 \cdot X_2 + 6{,}72 \cdot X_3 + 1{,}05 \cdot X_4 : \quad (2)$$

Այս բանաձևը կիրառելի է նաև զարգացող երկրների դեպքում, որոնցից է նաև Հայաստանը:

Ալթմանի քառագործոն մոդելի գնահատականները.

եթե $Z'' > 2,6$ – ֆինանսական կայունության գոտի («կանաչ» գոտի),

եթե $1,1 < Z'' < 2,6$ – անորոշության գոտի («գորշ» գոտի),

եթե $Z'' < 1,1$ – ֆինանսական ռիսկի գոտի («կարմիր» գոտի):

Ռ.Լիսի քառագործոն մոդելում գործոն-հատկանիշներով հաշվի են առնվում գործունեության այնպիսի արդյունքներ, ինչպիսիք են՝ տնտեսական կազմակերպության իրացվելիությունը, շահութաբերությունը և ֆինանսական անկախությունը: Մոդելն ունի հետևյալ տեսքը.

$$Z = 0,063 \cdot X_1 + 0,057 \cdot X_2 + 0,093 \cdot X_3 + 0,001 \cdot X_4, \quad (3)$$

որտեղ X_1- ը շրջանառու կապիտալ/ ակտիվներն են, X_2- ը՝ գործառնական շահույթ/ակտիվներ, X_3-ը՝ չբաշխված շահույթ/ակտիվներ, X_4-ը՝ սեփական կապիտալ/ պարտավորությունները:

Այս մոդելի համար սնանկացման հավանականությունը, կախված վարկանշային թվի արժեքից, որոշվում է հետևյալ ձևով.

եթե $Z < 0,037$, սնանկացման հավանականությունը բարձր է, եթե $Z > 0,037$, սնանկացման հավանականությունը փոքր է:

Աղ. 1-7-ում ներկայացվել են Հայաստանում գործող ապահովագրական ընկերությունների 2015-2017 թթ.-ի հիմնական տնտեսական ցուցանիշները [3-8], որոնք հիմք են ծառայել Է. Ալթմանի և Ռ. Լիսի սնանկացման քառագործոն մոդելների միջոցով ընկերությունների սնանկացման հավանականության որոշման համար:

Աղյուսակ 1

Ապահովագրական ընկերությունների սեփական կապիտալը 2015-2017 թթ. (հազ.դրամ)

№	Ապահովագրական ընկերությունը	2015 թ.	2016թ.	2017թ.
1	«Ռոսգոսստրախ Արմենիա»	5 224 914	6 784 098	7 247 293
2	«ԻՆԳՈ Արմենիա»	3 103 941	3 973 043	3 756 587
3	«Նաիրի Ինշուրանս»	2 435 725	2 614 688	2 209 949
4	«Արմենիա Ինշուրանս»	2 518 101	2 903 658	2 020 963
5	«ՌԵՍՈ»	1 412 195	1 343 750	824 446
6	«Սիլ Ինշուրանս»	1 663 334	1 671 279	1 638 027

Աղյուսակ 2

Ապահովագրական ընկերությունների ակտիվները 2015-2017 թթ. (հազ.դրամ)

№	Ապահովագրական ընկերությունը	2015 թ.	2016թ.	2017թ.
1	«Ռոսգոսստրախ Արմենիա»	11 841 948	13 236 375	14 007 206
2	«ԻՆԳՈ Արմենիա»	9 611 895	11 858 950	11 864 620
3	«Նաիրի Ինշուրանս»	5 644 399	5 883 932	6 167 319
4	«Արմենիա Ինշուրանս»	3 626 085	4 041 575	3 514 923
5	«ՌԵՍՈ»	3 827 930	3 687 899	4 097 711
6	«Սիլ Ինշուրանս»	3 788 812	3 926 387	4 636 829

Աղյուսակ 3

Ապահովագրական ընկերությունների շահույթը (վնասը) մինչ հարկումը 2015-2017 թթ. (հազ.դրամ)

№	Ապահովագրական ընկերությունը	2015 թ.	2016թ.	2017թ.
1	«Ռոսգոսստրախ Արմենիա»	1 461 432	1 982 480	610 185
2	«ԻՆԳՈ Արմենիա»	616 755	1 195 740	656 844
3	«Նաիրի Ինշուրանս»	838 655	1 161 457	160 141
4	«Արմենիա Ինշուրանս»	531 993	475 087	273 180
5	«ՌԵՍՈ»	(16 499)	207 772	(623 050)
6	«Սիլ Ինշուրանս»	(6 234)	...16 171	(256 932)

Աղյուսակ 4

Ապահովագրական ընկերությունների չբաշխված շահույթը 2015-2017 թթ. (հազ.դրամ)

№	Ապահովագրական ընկերությունը	2015 թ.	2016թ.	2017թ.
1	«Ռոսգոսստրախ Արմենիա»	776 396	233 580	2 74 5 814
2	«ԻՆԳՈ Արմենիա»	663 814	1 179 026	883 124
3	«Նաիրի Ինշուրանս»	1 093 157	1 277 344	862 202
4	«Արմենիա Ինշուրանս»	1 550 101	1 935 658	1 052 963
5	«ՌԵՍՈ»	-	-	-
6	«Սիլ Ինշուրանս»	-	-	-

Աղյուսակ 5

Ապահովագրական ընկերությունների համախառն ապահովագրավճարները 2015-2017 թթ. (հազ.դրամ)

№	Ապահովագրական ընկերությունը	2015 թ.	2016թ.	2017թ.
1	«Ռոսգոսստրախ Արմենիա»	9 416 446	9 346 866	9 137 358
2	«ԻՆԳՈ Արմենիա»	8 141 484	8 647 769	9 261 066
3	«Նաիրի Ինշուրանս»	4 758 044	5 452 711	5 943 990
4	«Արմենիա Ինշուրանս»	1 682 169	1 731 983	2 134 541
5	«ՌԵՍՈ»	2 585 156	3 106 065	3 596 113
6	«Սիլ Ինշուրանս»	3 084 374	3 422 429	3 754 130

Աղյուսակ 6

Ապահովագրական ընկերությունների պարտավորությունները 2015-2017 թթ (հազ.դրամ)

№	Ապահովագրական ընկերությունը	2015 թ.	2016թ.	2017թ.
1	«Ռոսգոսստրախ Արմենիա»	6 617 034	6 452 277	6 759 913
2	«ԻՆԳՈ Արմենիա»	6 507 954	7 885 907	8 108 033
3	«Նաիրի Ինշուրանս»	3 208 674	3 269 244	3 957 370
4	«Արմենիա Ինշուրանս»	1 107 984	1 137 917	1 493 960
5	«ՌԵՍՈ»	2 415 735	2 753 961	2 863 453
6	«Սիլ Ինշուրանս»	2 125 478	2 255 108	2 998 802

Աղյուսակ 7

Ապահովագրական ընկերությունների հատուցումները 2015-2017 թթ. (հազ.դրամ)

№	Ապահովագրական ընկերությունը	2015 թ.	2016թ.	2017թ.
1	«Ռոսգոսստրախ Արմենիա»	(4 367 679)	(4 818 127)	(5 557 895)
2	«ԻՆԳՈ Արմենիա»	(8 141 484)	(3 494 781)	(4 788 929)
3	«Նաիրի Ինշուրանս»	(1 776 436)	(2 033 017)	(3 121 457)
4	«Արմենիա Ինշուրանս»	(858 238)	(850 270)	(1 093 111)
5	«ՌԵՍՈ»	(1 162 201)	(1 267 307)	(1 862 330)
6	«Սիլ Ինշուրանս»	(1 729 562)	…(1 933 626)	(2 153 507)

Ըստ (2) և (3) բանաձևերի, Է. Ալթմանի և Ռ. Լիսի սնանկացման քառագործոն մոդելներում օգտագործվում են միևնույն ցուցանիշները: Տվյալ դեպքում շրջանառու միջոցների փոխարեն ապահովագրական ընկերությունների համար օգտագործվել է համախառն ապահովագրական վճարների ցուցանիշը:

Աղյուսակ 8

Ասապահովագրական ընկերությունների սնանկացման հավանականության գործակիցները

№	Ապահովագրական ընկերությունը	Է. Ալթմանի քառագործոն մոդել			Ռ. Լիսի քառագործոն մոդել		
		2015 թ.	2016 թ.	2017 թ.	2015 թ.	2016 թ.	2017 թ.
1	Ռոսգոսստրախ Արմենիա»	10,35	9,99	9,60	0,099	0,060	0,068
2	«ԻՆԳՈ Արմենիա»	9,97	9,56	9,03	0,063	0,062	0,058
3	«Նաիրի Ինշուրանս»	11,21	11,61	10,79	0,083	0,089	0,067
4	«Արմենիա Ինշուրանս»	10,06	11,09	10,15	0,069	0,067	0,063
5	«ՌԵՍՈ»	6,47	7,22	5,95	0,029	0,035	0,019
6	«Սիլ Ինշուրանս»	9,37	9,77	8,76	0,052	0,056	0,046

Է. Ալթմանի՝ սնանկացման քառագործոն մոդելի օգնությամբ հաշվարկված Հայաստանում գործող ապահովագրական ընկերություններին չի սպառնում սնանկացման վտանգ: Ամենաբարձր Z' գործակիցը «Նաիրի Ինշուրանս» ընկերության ցուցանիշն է, որի ուսումնասիրվող երեք տարվա միջին ցուցանիշը կազմում է 11,20, երկրորդ տեղում է «Արմենիա Ինշուրանս»-ը՝ 10,61, երրորդը՝ «Ռոսգոսստրախ Արմենիա» ընկերությունը՝ 9,98, չորրորդը՝ «ԻՆԳՈ Արմենիա» ընկերությունը՝ 9,52, հինգերորդը՝ «Սիլ Ինշուրանս»-ը 9,30 և վեցերորդը՝ «ՌԵՍՈ»-ն՝ 6,55:

Ռ. Լիսի՝ սնանկացման քառագործոն մոդելով հաշվարկված ապահովագրական ընկերություններից միայն «ՌԵՍՈ» ընկերության սնանկացման հավանականությունը մեծ էր: Ընկերության երեք տարվա միջին Z գործակիցը կազմում է 0,028<0,037: Մնացյալ բոլոր ընկերությունների միջին Z գործակիցը գերազանցում է 0,037-ը: Այն ընկերությունները, որոնց, ըստ Լիսի մոդելի, սնանկացում չի սպառնում դասավորվել են հետևյալ հաջորդականությամբ՝ առաջինը՝ «Նաիրի Ինշուրանս»՝ 0,080, երկրորդը՝ «Ռոսգոսստրախ Արմենիա»՝ 0,076, երրորդը՝ «Արմենիա Ինշուրանս»՝ 0,066, չորրորդը՝ «ԻՆԳՈ Արմենիա»՝ 0,061 և հինգերորդը՝ «Սիլ Ինշուրանս»՝ 0, 051:

SPSS 16 փաթեթի միջոցով կատարվել է ապահովագրական ընկերությունների հիերարխիկ կլաստերային վերլուծություն: Կլաստերացումը կատարվել է ըստ աղ.1-7-ում ներկայացված ապահովագրական ընկերությունների եռամյա տարեկան հաշվեկշռային տվյալների:

Ապահովագրական ընկերությունները նախ բաժանվել են երկու խմբի (կլաստերների), այնուհետև՝ երեք, որպեսզի կլաստերացման երկու արդյունքից ընտրվի այն դասակարգումը, որն առավելագույնս համապատասխանում է ապահովագրական ծառայությունների շուկայում ընկերությունների զբաղեցրած դիրքերին:

Երկու կլաստերի բաժանման դեպքում «Ռոսգոսստրախ Արմենիա» և «ԻՆԳՈ Արմենիա» ընկերությունները դասակարգվել են առաջին խմբում, իսկ մյուսները՝ երկրորդ: Երեք կլստերի բաժանման դեպքում առաջին խմբում ընդգրկվել «Ռոսգոսստրախ Արմենիա» ընկերությունը, երկրորդում՝ «ԻՆԳՈ Արմենիա»-ն, իսկ երրորդում՝ մնացյալ ընկերությունները:

Ուսումնասիրվել են ապահովագրական ընկերությունների երեք տարվա հաշվեկշռային տվյալները՝ պարզվել է, որ ընկերությունների բաժանումը երեք կլաստերի ավելի ճշգրիտ է արտահայտում տվյալ ոլորտում ձևավորված իրավիճակը: «Ռոսգոսստրախ Արմենիա» ընկերությունը գրեթե բոլոր առանցքային ցուցանիշներով (ակտիվներ, սեփական կապիտալ, հատուցումներ, շահույթ, ապահովագրավճարներ) զգալի գերազանցում է մրցակիցներին: «ԻՆԳՈ Արմենիա» ընկերությունը միայն շահույթի ու ապահովագրավճարների ցուցանիշներով, այն էլ միայն 2017թ.-ին, փոքր ինչ գերազանցել է «Ռոսգոսստրախ Արմենիա»-ի ցուցանիշները, իսկ պարտավորություններով՝ բավական շատ: Նախորդ տարիներին այդ ցուցանիշներով վերջինս նույնպես առաջատարն էր: «ԻՆԳՈ Արմենիա» ընկերությունը մյուս բոլոր ցուցանիշներով զգալի գերազանցում է մնացյալ ընկերություններին, որոնք իրենց ցուցանիշներով բավական մոտ են միմյանց, ուստի նրանց ընդգրկումը երրորդ կլաստերում արդարացված է: Երրորդ կլաստերում բոլոր ցուցանիշներով առաջատարը «Նաիրի Ինշուրանս» ընկերությունն է:

Հայաստանի ապահովագրական ընկերությունների տարեկան միագումար զուտ շահույթը 2018 թ.-ի առաջին կիսամյակում նվազել է 65,1% (նախորդ տարվա 51,6% անկման փոխարեն), կազմելով 443,2 մլն դրամ կամ 919 հազ. դոլար:

Ըստ ԱրմԻնֆո գործակալության, «Հայաստանի ապահովագրական ընկերությունների ռեյտինգի», տարեկան դինամիկայի վատթարացումը պայմանավորված էր ապահովագրական հատուցումների աճի ավելի բարձր տեմպերով, ի տարբերություն ապահովագրավճարների: Միայն երկրորդ եռամսյակում ապահովագրողների զուտ շահույթն ավելացել է 5 անգամ, էապես ավելացել են պարգևավճարները և աննշան նվազել՝ հատուցումները [9]:

Զուտ շահույթով առաջատարն է «Ռոսգոսստրախ Արմենիա» ընկերությունը՝179 մլն դրամ (տարեկան անկումը՝ 65,5%), այնուհետև հաջորդում են՝ «Արմենիա Ինշուրանս՝ 146 մլն դրամ (տարեկան անկումը՝ 36,7%), «ԻՆԳՈ Արմենիա»՝ 136,6 մլն. դրամ (տարեկան անկումը՝45,2%), «Նաիրի Ինշուրանս»՝ 126,8 մլն դրամ (տարեկան անկումը՝ 58,7%): Ցանկը բացասական ցուցանիշներով եզրափակում են՝ «ՌԵՍՈ»-ն՝ 26,8 մլն դրամ (տարեկան անկումը՝ 32,4%) և «Սիլ Ինշուրանս»-ը՝ 118,3 մլն. դրամ (տարեկան անկումը՝ 35 անգամ), ընդ որում, վերջինը վնաս է արձանագրել շահույթից հետո:

Ապահովագրական ապահովագրավճարների ընդհանուր ծավալը 2018 թվականի I կիսամյակում, ըստ ապահովագրական ընկերությունների ԿԲ-ի ստանդարտներով հաշվետվությունների, գերազանցել է 22 մլրդ դրամը (45,6 մլն. դոլար), իսկ ապահովագրական հատուցումները՝10,8 մլրդ. դրամ (22,4 մլն. դոլար): Տարեկան կտրվածքով ապահովագրական ապահովագրավճարներն աճել են 29,6%-ով, իսկ հատուցումները՝ 34,9%-ով: Արդյունքում ընդհանուր շահույթը տարեկան կտրվածքով ավելացել է 31%-ով (նախորդ տարվա 12,1%-ի անկման փոխարեն), կազմելով 11,2 մլրդ դրամ (23.3 մլն դոլար): Առաջին երեք տեղում են՝«Ռոսգոսստրախ Արմենիա»-ն՝ 3.4 մլրդ դրամ (տարեկան աճը՝ 51,8%), «ԻՆԳՈ Արմենիա»-ն՝ 2,8 մլրդ. դրամ (14,9% տարեկան աճ) և «Նաիրի Ինշուրանս»-ը՝2,3 մլրդ դրամ (տարեկան աճը՝ 43.6%): Շահույթի գծով ամենամեծ տարեկան աճ է արձանագրել «Արմենիա Ինշուրանս» ընկերությունը՝ 60,1%, որը գրանցել է նաև ապահովագրավճարների և հատուցումների միատեսակ աճ, իսկ միակ անկումն արձանագրել է «ՌԵՍՈ» ընկերությունը՝ 2,9%, ինչը պայմանավորված էր հատուցումների զգալի աճով [10]:

Հայաստանում գործող ապահովագրական ընկերությունների շահույթի և այդ ցուցանիշի վրա ազդող ապահովագրավճարների ու վճարած հատուցումների փոխադարձ կապը որոշելու համար SPSS 16 փաթեթի միջոցով կատարվել է ուսումնասիրվող ցուցանիշների կոռելյացիոն-ռեգրեսիոն վերլուծություն, որի հիման վրա կազմվել են այդ ցուցանիշների ռեգրեսիոն հավասարումները:

Կոռելյացիոն վերլուծության արդյունքները վկայում են, որ ապահովագրական ընկերությունների եռամյա շահույթի և, համապատասխանաբար, ապահովագրավճարների ու հատուցումների դրական կամ բացասական կոռելյացիոն կապը հիմնականում չափավոր և բարձր է, իսկ որոշ ընկերությունների դեպքում Պիրսոնի գործակիցը գերազանցում է նույնիսկ 0,9՝ մոտենալով 1-ի:

Ռեգերսիոն վերլուծության արդյունքները ցուց են տալիս, որ Հայաստանում գործող բոլոր վեց ապահովագրական ընկերությունների դետերմինացման գործակցի (R) արժեքը 1 է (հնարավոր արժեքները՝ 0-ից մինչև 1), ինչը վկայում ուժեղ գծային կապի մասին շահույթի և ապահովագրավճարների ու վճարած հատուցումների միջև, համապատասխանաբար R-քառակուսի (*R Square)* գործակիցը նույնպես հավասար է 1-ի և վկայում է. որ մոդելները նկարագրում են դեպքերի 100%-ը:

Ռեգրեսիայի ստանդարտավորված *(Beta)* գործակիցը ցույց է տալիս ռեգրեսիոն մոդելում ներառված անկախ փոփոխականների հարաբերական նշանակալիությունը, այսինքն՝ թե ինչքան ուժեղ է հետազոտվող գործոնների (ապահովագրավճարների և հատուցումների) ազդեցությունը արդյունանար ցուցանիշի (շահույթի) վրա:

Հաշվարկների արդյունքները ցույց են տալիս, որ ոչ բոլոր դեպքերում Beta գործակիցը նշանակալի է: Սա հիմնականում այն դեպքերն են, երբ ընկերությունների միջին շահույթը եղել է փոքր, իսկ վճարվող հատուցմուները՝ մեծ, կամ փոքր է եղել ապահովագրավճարների գումարը:

Ներկայացված են վերլուծության արդյունքների կարևորագույն ցուցանիշ հանդիսացող ռեգրեսիայի չստանդարտավորված Beta գործակիցները, քանի որ դրանք օգտագործվում են ռեգրեսիոն հավասարման կառուցման համար:

Հարկ է նշել, որ ռեգրեսիոն հավասարման հատատուն *(Constant)* անդամների բացարձակ արժեքները բավական մեծ են: Դա վկայում է, որ անկախ փոփոխականները լրիվ չափով չեն նկարագրում կախյալ փոփոխականներին: Մեր դեպքում սա կարող է լինել ընկերությանների ներդրումային գործունեությունից ստացված շահույթը կամ շահույթի (վնասի) գոյացման այլ պատճառներ:

Ռեգրեսիոն վերլուծության արդյունք են հանդիսացել գծային ռեգրեսիայի (ռեգրեսիոն հավասարման) աղ. 9-ում ներկայացված մոդելները:

Աղյուսակ 9

Ապահովագրական ընկերությունների շահույթի և ապահովագրավճարների ու միջին հատուցումների ռեգրեսիոն հավասարումները

№	Ապահովագրական ընկերությունը	Ռեգրեսիոն հավասարումը
1	Ռոսգոստրախ Արմենիա	$Y = -239409,161 + 23,371X_1 + 4,763X_2$
2	ԻՆԳՈ Արմենիա	$Y = 6151,673 - 0,501X_1 - 0,179X_2$
3	Նաիրի Ինշուրանս	$Y = -1346,470 + 0,965X_1 - 1,356X_2$
4	Արմենիա Ինշուրանս	$Y = -4896,774 - 0,091X_1 + 6,503X_2$
5	ՌԵՍՈ	$Y = 980,39 + 0,111X_1 - 0,883X_2$
6	Սիլ Ինշուրանս	$Y = -2187,433 + 9,106X_1 - 14,977X_2$

որտեղ Y - ը ապահովագրական ընկերության միջին շահույթն է; X_1 - ը՝ ապահովագրական ընկերության միջին ապահովագրավճարները; X_2 -ը՝ ապահովագրական ընկերության վճարած միջին հատուցումները:

2018 թ.-ի I կիսամյակի ընթացքում ապահովագրական ընկերությունների ակտիվներն աճել են 2,2%-ով և 30.06.2018 թ. կազմել՝ 50,6 մլրդ դրամ, պարտավորություններն աճել են 6.1%-ով՝ կազմելով 32,1 մլրդ դրամ, իսկ ընդհանուր կապիտալը նվազել է 3,9%-ով՝ կազմելով 18,5 մլրդ դրամ: ՀՀ ֆինանսական համակարգում ապահովագրական ընկերությունների մասնաբաժինը նվազել է 0,1 տոկոսային կետով և կազմել՝ 0,9% (2017 թ.-ի հունիսին՝ 1,0%): Ապահովագրական ընկերությունների ակտիվությունը բնութագրող հիմնական ցուցանիշը՝ հաշվեգրված ապահովագրավճարների մեծությունը, 2018 թ.-ի I կիսամյակի ընթացքում, նախորդ տարվա նույն ժամանակահատվածի համեմատությամբ, ավելացել է 29,5%-ով՝ կազմելով 22,3 մլրդ դրամ (նախորդ տարվա նույն ժամանակահատվածի ընթացքում նշված ցուցանիշն ավելացել է 5,8%-ով):

Ապահովագրական ընկերությունների ակտիվությունը բնութագրող ապահովագրավճարներ /ՀՆԱ հարաբերակցության ցուցանիշը կազմել է 0,69%՝ 2017 թ.-ի համեմատությամբ աճելով 0,06 տոկոսային կետով: Բնակչության մեկ շնչին բաժին ընկնող ապահովագրավճարների ցուցանիշը

կազմել է 13 հազ. 577 դրամ (տարեկանացված)՝ 2017 թ.-ին 11 հազ. 835 դրամի փոխարեն:

Ապահովագրական ընկերությունների վնասաբերության ցուցանիշը, նախորդ տարվա համեմատությամբ, աճել է 5,1 տոկ. կետով և կազմել 64,8%: Ապահովագրական ընկերությունների ծախսատարության ցուցանիշը 2018 թ.-ի առաջին կիսամյակում, նախորդ տարվա համեմատությամբ, նվազել է 1,2 տոկ. կետով և կազմել 28,7% [11]:

Կատարած ուսումնասիրություններով հաստատվել է ՀՀ Կենտրոնական Բանկի այն գնահատականը, որ ապահովագրական ընկերությունների ռիսկերը վերահսկելի շրջանակներում են և ֆինանսական կայունության տեսանկյունից խոցելի չեն [11]:

Գրականություն

1. **Ефимова О.В.** Анализ финансовой отчетности: Учебное пособие для магистров. – М.: Омега-Л, 2012. – 400 с.
2. **Черненко В.А., Шведова Н.Ю.** Антикризисное управление: Учебник и практикум для академического бакалавриата. - М.: Издательство Юрайт, 2017. - 409 с. - Серия : Бакалавр. Академический курс.
3. http://www.rgs.am/arm/401/faq.html
4. http://www.ingoarmenia.am/index/view/id/153/lang/am
5. http://www.nairi-insurance.am/index.php?m=yearRep&p=47
6. http:// www.armeniainsurance.am/annual-fin-reports/
7. http://www.reso.am/arm/108/free.html
8. http://www.silinsurance.am/statement.html
9. www. arminfo.info
10. http://finport.am/full_news.php?id=35463&lang=1
11. ՀՀ կենտրոնական բանկ «Ֆինանսական կայունության հաշվետվություն: 2018. Առաջին կիսամյակ» http:// www.cba.am

22.01.2019.

А.Л. Аракелян, А.Г. Гарегинян, А.Г. Хачатрян

АНАЛИЗ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОМПАНИЙ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА РЫНКЕ СТРАХОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

При помощи четырехфакторных моделей Э. Альтмана и Р. Лиса определена вероятность банкротства действующих в Армении страховых компаний. Посредством пакета SPSS 16 проведен иерархический кластерный анализ страховых компаний. С целью выявления взаимосвязи между прибылью влияющих на ее величину показателей страховых премий и страховых выплат проведен корреляционно-регрессионный анализ этих показателей компаний, на основе которого были составлены регрессионные уравнения этих показателей.

Ключевые слова: *страховая компания, вероятность банкротства, страховая премия, страховые выплаты, кластерный анализ, корреляционно-регрессионный анализ.*

A.L. Arakelyan, A.G. Gareginyan, A.G. Khachatryan

ANALYSIS OF THE ECONOMIC ACTIVITY OF COMPANIES ACTING IN THE MARKET OF INSURANCE OF THE REPUBLIC OF ARMENIA

Using the four-factor models of E. Altman and R. Lees, the probability of bankruptcy of insurance companies operating in Armenia was determined. Using the SPSS 16 package, a hierarchical cluster analysis of insurance companies was conducted, as well as a correlation and regression analysis of these indicators was carried out to determine the correlation between the profit and insurance premiums affecting value equations of these indicators.

Keywords: *insurance company, probability of bankruptcy, insurance premium, insurance payments, cluster analysis, correlation and regression analysis.*

Առաքելյան Արթուր Լևոնի - դասախոս (ՀԱՊՀ Գյումրու մասնաճյուղ)
Գարեգինյան Արմինե Գագիկի - դասախոս (ՀՊՏՀ Գյումրու մասնաճյուղ)
Խաչատրյան Աննա Գրիգորի – մագիստրանտ (ՀՊՏՀ Գյումրու մասնաճյուղ)

ISSN 1829 - 0043 ВЕСТНИК ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ АРМЕНИИ (ВИАА). 2019. Т.16, № 1

УДК 621.165 **ЭНЕРГЕТИКА**

Э.К. Аракелян, С.А. Минасян, Г.К. Баграмян

ТЕХНИЧЕСКАЯ ВОЗМОЖНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ РАСШИРЕНИЯ РЕГУЛИРОВОЧНОГО ДИАПАЗОНА ПГУ-450 ПУТЕМ ГЛУБОКОГО РАЗГРУЖЕНИЯ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ Т-125/150

Рассматривается техническая возможность расширения регулировочного диапазона парогазовых устройств (ПГУ) применительно к ПГУ-450 путем глубокого разгружения паровой турбины Т-125/150 с совместным применением способов обводного пароораспределения и переводом в моторный режим отдельных участков паровой турбины или турбины в целом. Показано, что разгружение ПГУ–450 с "базовой" электрической нагрузки 270 МВт путем применения рассмотренных комбинированных способов разгружения паровой турбины позволяет разгружать ПГУ по электрической мощности до 167...220 МВт, что составляет 37,1...49,3% от номинальной мощности ПГУ. Приведены результаты модельных расчетов энергетических показателей паровой турбины и ПГУ в целом и дано их сравнение с аналогичными показателями газомазутных конденсационных энергоблоков мощностью 200 и 300 МВт.

Ключевые слова: *техническая возможность, расширение, регулировочный диапазон, парогазовая установка, глубокое разгружение, паровая турбина, обводное пароораспределение, моторный режим, энергетические показатели, удельный расход, сравнение, конденсационные блоки.*

Введение. В настоящее время, так же как в 60...70-е годы прошлого века, рост электропотребления сопровождается дефицитом производства электроэнергии, увеличением неравномерности графиков нагрузки в условиях отсутствия в энергосистемах высокоманевренных агрегатов с пиковым режимом работы. С другой стороны, в условиях рынка электроэнергии и мощности требования к маневренным характеристикам энергоблоков ужесточаются. Ожидаемое значительное увеличение доли парогазовых энергоблоков в общей мощности энергосистем в скором будущем неизбежно приведет к необходимости широкого привлечения их к регулированию графиков электрической нагрузки и увеличению длительности их работы в нестационарных условиях и на частичных нагрузках. Согласно [1], при работе оборудования ПГУ в полупиковом режиме должны быть обеспечены еженедельные остановы их в резерв на нерабочие дни и ежесуточные остановы на ночное время с последующими пусками из неостывшего и горячего состояний. Однако до сих пор при проектировании новых парогазовых мощностей разработчиками не уделяется должного внимания их маневренным характеристикам. Не учитывается и тот факт, что увеличение времени работы ПГУ на пониженных нагрузках неизбежно приведет к значительному снижению надежности и экономической эффективности их работы. Вместе с тем широкое внедрение высокоэкономичных энергоблоков, в том числе на базе ПГУ, проектируемых для работы в базовой части графиков электрической нагрузки, без должного внимания требованиям к их маневренности в условиях отсутствия ввода в энергосистему маневренных электростанций, приведет к тому, что проблемы маневренности для энергосистем станут серьезными, требующими принятия безотлагательных мер по приспособлению, в том числе ПГУ к работе в переменных режимах.

Наряду с этим в процессе эксплуатации современных ПГУ выявились проблемы, характерные для оборудования ПГУ при работе их на пониженных нагрузках, в частности: ухудшение экологических характеристик; заметное снижение экономичности работы газовых турбин (ГТ) и ПГУ в целом; снижение надежности работы паровой турбины (ПТ) и ряд других, которые в итоге ограничивают регулировочный диапазон энергоблока. Так, нижняя граница регулировочного диапазона ПГУ-450 при работе ее с полным составом оборудования по условиям экологичности находится на уровне 55...62% от номинальной мощности ПГУ. При этом, в зависимости от наружной температуры, регулировочный диапазон меняется в довольно широких пределах. Максимальное его значение составляет примерно 202 *МВт* при температуре наружного воздуха около $0...0{,}5\,^{0}C$, при снижении температуры наружного воздуха до $-30\,^{0}C$ он уменьшается на 34,9 *МВт*, а при увеличении до $+30\,^{0}C$ - на 50,1 *МВт* [2,3].

Конечно, применение полиблочных ПГУ (2ГТ+2КУ+1ПТ) позволяет получить более высокий коэффициент полезного действия (КПД) энергоблока на частичных нагрузках за счет отключения одной газовой турбины с котлом-утилизатором (ГТУ). Так, на энергоблоке ПГУ-450Т отключение одной ГТУ позволяет достичь мощности ПГУ 270...280 *МВт* с КПД 48...49% [4]. Вместе с тем такой режим ПГУ приводит к разрывам и скачкам графиков расходных характеристик ПГУ, простою технологического оборудования, дополнительному пуску при обратном нагружении ПГУ и, соответственно, к потерям топлива, снижению надежности ГТУ и котла-утилизатора.

Существующие и предлагаемые способы расширения регулировочного диапазона ПГУ-450. Понимая важность проблемы, к настоящему времени несколькими организациями разработаны и описаны в технической литературе ряд методов расширения регулировочного диапазона при работе ПГУ в конденсационном режиме без перехода на схему работы ПГУ с одной газовой турбиной: включение системы антиобледенения (АОС) [4]; применение обводного пароораспределения (ОП) [2,3]; перевод в малопаровой (моторный - МР) режим части цилиндра высокого давления (ЦВД) паровой турбины [5] и т.д.

Суть метода [4] заключается во включении системы антиобледенения ГТУ на низких нагрузках ПГУ во всем диапазоне температур наружного воздуха при условии поддержания температуры пара высокого давления выше минимально допустимой величины. При этом включение системы антиобледенения приводит к снижению температуры газов, поступающих в котел-утилизатор из газовой турбины, вследствие использования части тепла топлива для подогрева наружного воздуха перед подачей в компрессор. Известно, что завод-изготовитель газовой турбины рекомендует включение АОС только в интервале температур от +5 до - 5°С, в связи с чем применение во всем диапазоне изменения температур несколько сомнительно. При мощности 270 *МВт* (нижняя граница регулировочного диапазона по экологическому фактору) и температуре наружного воздуха $15\,^{0}C$ включение АОС снижает мощность ПГУ в целом на 16 *МВт*, при этом прирост удельного расхода топлива составляет 25,3 *гу.т/кВт.ч*, снижение КПД ПГУ - 4%.

Под обводным пароораспределением понимается способ регулирования мощности паровой турбины путем сброса части пара высокого давления в линию подачи пара низкого давления или в цилиндр низкого давления (ЦНД) паровой турбины, предварительно снизив давление пара в редукционно-охладительной установке (РОУ) и его температуру в пароводяном теплообменнике (ТО) до соответствующих параметров пара в паропроводе низкого давления или паропроводе подачи пара к ЦНД. В качестве охладителя в пароводяном ТО используется основной конденсат из конденсатора турбины [3].

При сбросе части пара в линию пара низкого давления максимальный сброс пара определяется максимально допустимым расходом пара низкого давления – 150 *т/ч* (41,67 *кг/с*). Остальная часть пара высокого давления подается по штатной схеме в ЦВД турбины. Такой способ дает небольшое изменение мощности ПТ – около 5 *МВт*.

При необходимости дальнейшего разгружения паровой турбины, можно организовать сброс пара высокого давления в ЦНД, предварительно снизив давление и температуру пара до необходимых величин. Такой режим можно использовать до момента, когда расход пара высокого давления, подаваемого по штатной схеме в ЦВД, достигнет минимально допустимой величины – 50 *т/ч*. Этот способ может быть применен в пределах снижения мощности паровой турбины на 35...36 *МВт* по отношению к “базовой” мощности ПТ (270 *МВт*). Разновидностью этих способов является совместное их применение.

Суть способа перевода части ЦВД в малопаровой режим [5] заключается в том, что предлагается перевести часть ступеней ЦВД паровой турбины (с 1-й по 16-й, т.е. до места подачи пара низкого давления в ЦВД) в малопаровой режим (МПР) (рис. 1). Под МПР условно понимается такой режим работы ступени или группы ступеней турбины, при котором в ступенях отсутствует положительный теплоперепад в движущемся вдоль проточной части потоке пара, который в этом случае подается специально для охлаждения ступеней (или он возникает вследствие протечки пара уплотнения).

Модельные исследования, результаты которых изложены в [5], показали, что для предложенной схемы в качестве охлаждающего используется пар низкого давления, который по

схеме противотока двигается от 16-й ступени ЦВД к 1-й ступени и далее сбрасывается в ЦНД паровой турбины. Пар высокого давления, ранее поступивший в головную часть ЦВД, сбрасывается частично (20,4 *кг/с*) через специальный теплообменник в линию подачи пара низкого давления, частично (53,27 *кг/с*) – в проточную часть ЦНД. Параметры ПГУ для предложенной технологической схемы составляют:

- мощность ПГУ до и после перевода в МПР части ЦВД – соответственно 210 и 179,6 *МВт*;
- мощность паровой турбины до и после перевода в МПР части ЦВД – соответственно 85,6 и 55,2 *МВт*;
- расширение регулировочного диапазона ПГУ – 30,4 *МВт* (6,75% от номинальной мощности ПГУ);
- удельный расход условного топлива ПГУ при нагрузке 210 *МВт* (при температуре наружного воздуха 15°С) – 0,307 *кгу.т/кВт.ч*;
- удельный расход условного топлива ПГУ в режиме МПР части ЦВД – 0,3589 *кгу.т/кВт.ч*.

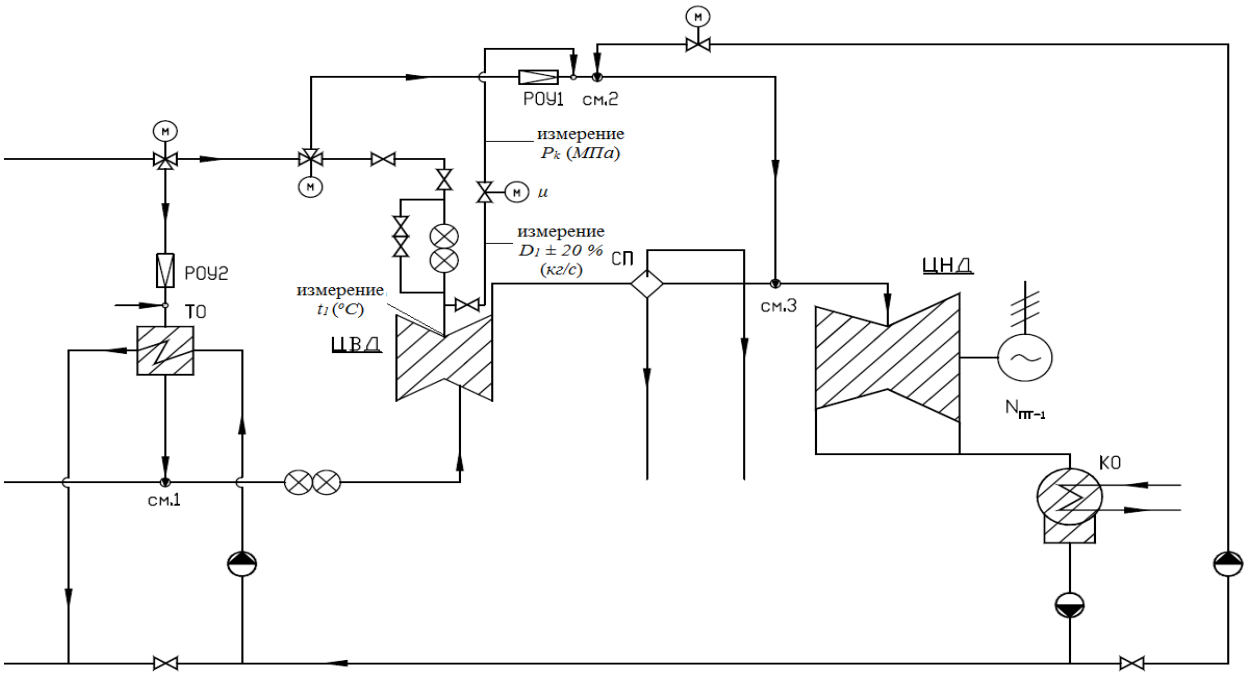


Рис.1. Упрощенная схема перевода части ЦВД паровой турбины Т-125/150 в малопаровой режим

Преимуществом способов обводного пароораспределения и МПР ЦВД является также то, что при этом ГТУ работает в штатном режиме без ухудшения экологических и экономических характеристик. В штатном режиме работают также котлы-утилизаторы, соблюдаются все требования надежной работы паровой турбины.

При останове ПГУ в целом в аварийных режимах или в режимах резервирования в [6] показана экономическая целесообразность перевода паровой турбины в МР вместо ее останова при длительности провала нагрузки 10...15 часов.

Для наглядности в табл.1 приведены некоторые показатели приведенных выше способов расширения регулировочного диапазона ПГУ-450.

Таблица 1

Сравнение способов расширения регулировочного диапазона ПГУ-450

Режим	Параметры						
	$D_0^{ВД}$, *кг/с*	$N_{ПТ}$, *МВт*	$N_{ГТУ}$, *МВт*	$N_{ПГУ}$, *МВт*	$\Delta N_{РД}$, *МВт*	$\Delta b_{РД}$, *г/кВт.ч*	$b_{РД}$, *кг/кВт.ч*
ИС	63,67	85,6	124,4	210	-	-	0,307
ОП	13,89	49,2	124,4	173,6	36,4	64,37	0,37137
АОС	63,67	83,6	110,4	194,0	16,0	25,3	0,3323
МПР	-	55,23	124,4	179,63	30,37	51,9	0,3589
ПЦВ	-	-2,8	0	0	10,8	58,34	0,361

Обозначения: $D_0^{ВД}$ *– пропуск пара высокого давления в ЦВД; ИС – исходное состояние при "базовой" мощности ПГУ; ОП – режим обводного парораспределения; АОС – система антиобледенения; МПР – малопаровой режим; ПЦВ – ПГУ с подогревом циклового воздуха*

Как видно из табличных данных, при исходных условиях работы ПГУ на мощности 210 *МВт* из приведенных способов расширения регулировочного диапазона ПГУ ОП и МПР части ЦВД позволяют значительно расширить величину регулировочного диапазона соответственно на 8,1 и 6,9% и регулировать нагрузку ПГУ в достаточно широких пределах при ее работе с полным составом оборудования с обеспечением требуемых эксплуатационных условий по экологичности и надежности. Вместе с тем очевидно, что даже с учетом применения указанных способов расширения регулировочный диапазон ПГУ уступает конденсационным энергоблокам на газовом топливе, регулировочный диапазон которых составляет 60% от номинальной мощности.

В настоящей статье рассматривается техническая возможность и экономическая целесообразность более глубокого разгружения ПГУ-450 при условии фиксации нагрузки газовых турбин и котлов-утилизаторов на нижней границе их регулировочного диапазона и дальнейшего разгружения ПГУ путем разгрузки паровой турбины.

Предлагаются три варианта глубокого разгружения паровой турбины:

1. Разгружение паровой турбины путем перевода части ЦВД в моторный режим, как это предлагается в [5] (т.е. с 1-й по 16-ю ступень), со сбрасыванием всего потока пара высокого давления в ЦНД и сокращением пропуска пара низкого давления через остальную часть ЦВД до минимально допустимой величины – 40 *т/ч* (11,1 *кг/с*). Остальная часть пара низкого давления тоже сбрасывается в ЦНД с предварительным снижением его давления и температуры. Такой способ разгружения паровой турбины использует преимущества двух ранее предложенных способов – обводного парораспределения и перевода части ЦВД в моторный режим.
2. Разгружение паровой турбины путем перевода в моторный режим ЦВД целиком, включая последние ступени - с 17-й по 20-ю. В этом варианте и пар высокого давления, и пар низкого давления сбрасываются в ЦНД.
3. Полное разгружение паровой турбины путем перевода ее в моторный режим со сбросом пара высокого и низкого давлений в ЦНД.

Особенности и показатели ПГУ для предлагаемых способов разгружения рассмотрим применительно к паровой турбине Т-125/150 ПГУ-450 при разгружении ее с "базовой" нагрузки 270 *МВт* (60% от номинальной нагрузки), т.е. с нижней границы регулировочного диапазона ПГУ.

В малопаровом и моторном режимах, являющихся глубоко нерасчетными, процессы в ступенях паровой турбины протекают в большинстве случаев с повышением энтальпии пара, что может привести к чрезмерному разогреву металла проточной части, в связи с чем необходимо организовать охлаждение ступеней турбины путем подачи в турбину небольшого количества пара соответствующих параметров.

Одной из основных величин, определяющих температурное состояние проточной части турбины, является совокупность потерь энергии на трение и вентиляцию. Несмотря на достаточно широкое применение малорасходных режимов, к настоящему времени в технической литературе отсутствует достоверная методика расчета совокупности потерь мощности на трение и вентиляцию в малорасходных и беспаровых режимах.

Обычно потери на трение и вентиляцию рассчитывают совместно по эмпирической формуле Стодола:

$$N_{TB} = \lambda[1{,}07d^2 + 0{,}61(1-\varepsilon)\, d\, l_{л}^{1,5}]\frac{u^3}{10^3}\rho \ , \qquad (1)$$

где λ - коэффициент, принимается для газа, воздуха и сильно перегретого пара равным 1,0, для слабоперегретого пара - 1,1 ... 1,2 и для насыщенного пара - 1,3; d - средний диаметр диска, *м*; ε — степень парциальности; $l_л$ - высота лопатки, *см*; u - окружная скорость по среднему диаметру, *м/с*; ρ - плотность пара, *кг/м*^{3}.

Как видно из (1), при заданных геометрических параметрах ступени потери на трение и вентиляцию зависят от плотности пара и скорости протекания его через ступень. Для каждого из рассматриваемых вариантов эти показатели существенно отличаются, что следует учесть при выборе технологии охлаждения.

Охлаждение проточной части ЦВД паровой турбины возможно по двум схемам:

– прямоточная схема - подача пара высокого давления на вход в ЦВД по байпасной линии главной паровой задвижки с предварительным дросселированием в регулирующем клапане после себя до значения, равного давлению на входе в ЦНД плюс потери давления в проточной части ЦВД;

- противоточная схема - подача пара из камеры входа пара низкого давления или из перепускной линии пара в ЦНД, т.е. от 16-й или от 20-й ступени ЦВД к 1-й, и организация сброса этого пара в ЦНД или в конденсатор, при этом расход его будет определяться давлением пара за 1-й ступенью.

Рассмотрим возможные технологии охлаждения ступеней турбины в рассматриваемых вариантах работы паровой турбины.

В первом варианте в моторном режиме находятся ступени с 1-й по 16-ю, при этом на выходе из 16-й ступени при прямоточной схеме охлаждения пар будет иметь давление, равное давлению пара низкого давления перед входом в ЦВД. Это означает, все охлаждаемые ступени ЦВД будут находиться под давлением, несколько большим давления пара низкого давления на входе в ЦВД (0,45 *МПа* при мощности ПГУ 270 *МВт*), что приведет к значительным потерям мощности на трение и вентиляцию. Это однозначно приведет к превышению температуры ступеней ЦВД сверх допустимой, или же потребуется большое количество охлаждающего пара, значительно превышающего пропускную способность байпасной линии. Как показано в [5], для этого варианта целесообразно использовать противоточную схему охлаждения. При этом движение охлаждающего пара противотоком осуществляется от камеры подачи пара низкого давления (за 16-й ступенью) по направлению к 1-й ступени, для чего необходимо организовать отсос этого пара за паровпуском ЦВД при закрытых стопорных клапанах в перепускную трубу ЦНД, либо в конденсатор (рис.2). Регулировать давление, следовательно, и расход пара при этом можно путем установки регулирующего органа на линии сброса пара. Отсутствие регулятора давления приведет к тому, что вся проточная часть ЦВД окажется под давлением, близким к давлению пара в конденсаторе, при этом значительно снизятся потери мощности на трение и вентиляцию, но не будет возможности регулирования расхода охлаждающего пара.

По рекомендациям [7], при противотоке расход пара через группу ступеней ($G_{ох.ПТ}$) можно оценить по выражению

$$G_{ох.ПТ} = G_{ох.ПР}\sqrt{\beta}\ , \qquad (2)$$

где $G_{охПР}$ - расход пара при прямотоке; β - коэффициент, учитывающий повышение сопротивления ступеней при противотоке (принимается равным 0,5).

Для использования (2) первоначально необходимо оценить расход пара в прямоточной схеме в тех же условиях в зависимости от давления пара на входе при заданном давлении на выходе.

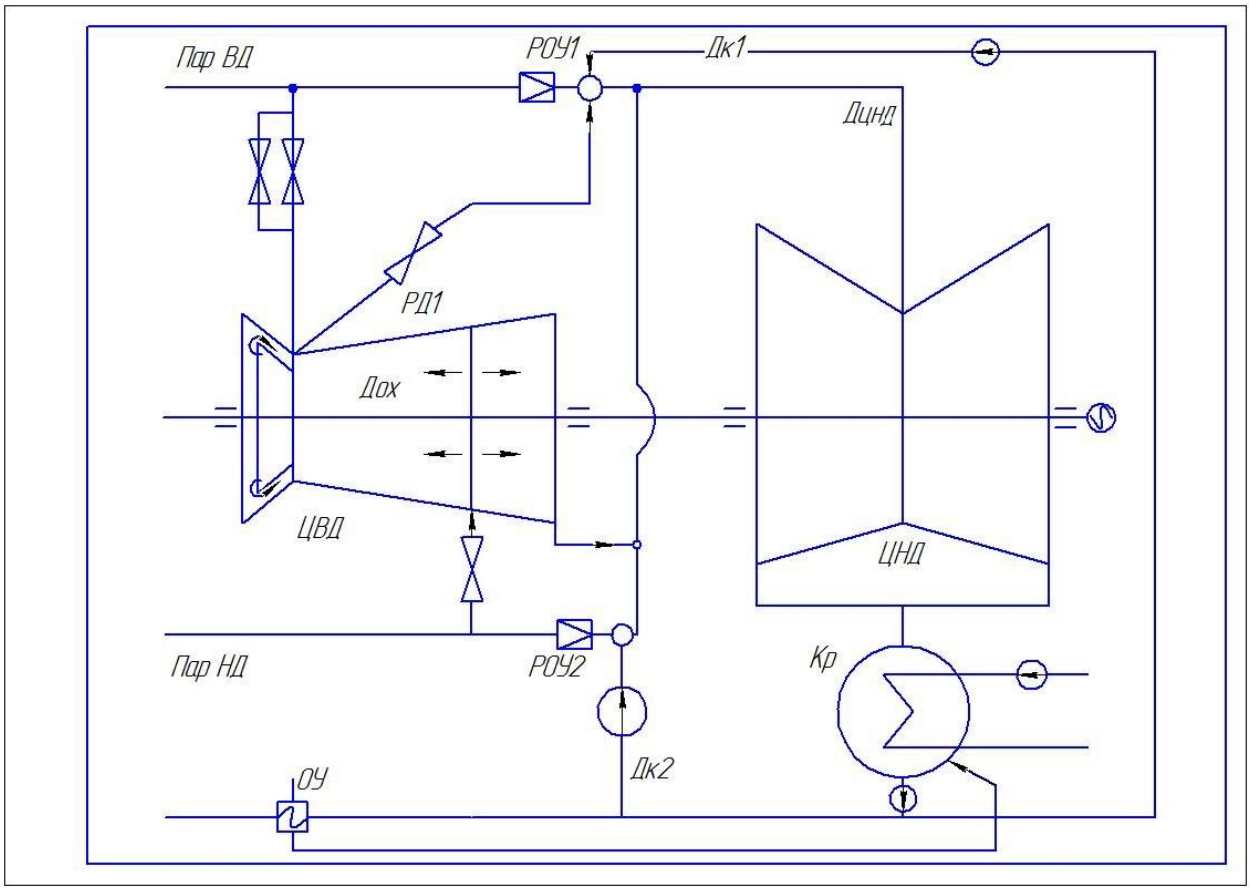


Рис. 2. Упрощенная тепловая схема паровой турбины для первого варианта
Д0вд, Д0нд- расходы пара высокого и низкого давлений; Дцнд- расход пара в ЦНД;
Дк1, Дк2- расходы охлаждающего основного конденсата; Дох - расход охлаждающего пара

Оценить такую связь в малопаровом режиме при прямоточной схеме можно по формуле Стадола-Флюгеля [8] для конденсационной турбины:

$$\frac{D_{0x}}{D_0} = \sqrt{\frac{P_{ox}^2 - P_{16}^2}{P_0^2 - P_{16}^2}} \cdot \sqrt{\frac{T_{ox}}{T_0}}, \tag{3}$$

где G_{ox}, P_{ox}, T_{ox} - соответственно расход, давление и температура охлаждающего пара; G_o, P_o, T_o - эти же параметры пара для “базового” режима, в качестве которого принимаем номинальный режим работы турбины; P_{16} - давление пара за 16-й ступенью (принимается, что в расчетном и малопаровом режимах оно одинаково).

Пренебрегая температурной поправкой, представим (3) в виде

$$\beta_{Goo} = \frac{G_{ox}}{G_o} = \sqrt{\frac{P_{ox}^2 - P_{16}^2}{P_0^2\left[1 - \left(\frac{P_{16}}{P_0}\right)^2\right]}}. \tag{4}$$

Значение в квадратных скобках в выражении (4) при расчетных значениях давления пара высокого давления около 7 *МПа* и за 16-й ступенью 0,45 *МПа* близко к 1. Пренебрегая им, после несложных преобразований получим расчетное выражение для оценки требуемого значения давления охлаждающего пара при заданном значении β_{Goo}:

$$P_{ox} = \sqrt{P_{16}^2 + \beta_{Goo}^2 P_0^2} = P_0 \sqrt{\beta_{Goo}^2 + \left(\frac{P_{16}}{P_0}\right)^2} \cdot \quad (5)$$

В табл. 2 приведены результаты расчетов по оценке давления охлаждающего пара при разных значениях расхода охлаждающего пара.

При противоточной схеме охлаждения (последний столбец таблицы) давление пара на выходе из 1-й ступени будет регулироваться в пределах от давления в конденсаторе до давления пара на входе в ЦНД.

Таблица 2

Зависимость давления охлаждающего пара от разных значений расхода охлаждающего пара при прямоточной схеме охлаждения

№	Параметр				
	β_{Doo}	P_{ox}, *МПа*	D_{ox}, *кг/с*	D_{ox} ПР, *т/ч*	D_{ox} ПТ, *т/ч*
1	0,01	0,465	1,26	4,54	3,21
2	0,02	0,48	2,52	9,1	6,43
3	0,03	0,506	3,78	13,6	9,62
4	0,04	0,539	5,04	18,2	12,86
5	0,05	0,578	6,3	22,7	16,05

Расчеты, проведенные на базе математической модели проточной части турбины в малопаровом режиме, приведенной в [5], показали, что допустимое температурное состояние ступеней ЦВД при противоточной схеме охлаждения обеспечивается при давлении пара на выходе из первой ступени – 0,2 *МПа*, за 16-й – 0,45 *МПа* при расходе пара на уровне 2,6% от номинального расхода пара – 3,33 *кг/с* (12 *т/ч*). Охлаждающий пар с параметрами 0,15 *МПа* и температурой около 400˚С смешивается с потоком пара, поступающего в ЦНД. Пар низкого давления в количестве 40 *т/ч* после расширения в ступенях ЦВД (с 17-й по 20-ю) с давлением 0,15 *МПа* смешивается с потоком пара низкого давления за РОУ и пароводяным охладителем. Таким образом, в ЦНД паровой турбины поступает суммарный расход пара высокого и низкого давлений с давлением 0,15 *МПа*.

Во втором варианте в моторном режиме работают все ступени ЦВД, при этом основные потери на трение и вентиляцию имеют место в последних ступенях (с 17-й по 20-ю). Расчеты потерь на трение и вентиляцию по (1) для беспарового режима ЦВД паровой турбины Т-125/150 показали, что при давлении в конденсаторе 0,011 *МПа* общие потери на трение и вентиляцию в ЦВД составляют 0,65 *МВт*, из них 0,58 *МВт* – на ступенях 17-20. В связи с этим прямоточная схема охлаждения путем подачи охлаждающего пара по линии пара низкого давления с давлением 0,45 *МПа* исключается, так как это приведет к большим потерям на трение и вентиляцию - в несколько раз больше, чем в беспаровом режиме. Как и в первом варианте, для этого варианта тоже предлагается противоточная схема охлаждения с регулированием расхода охлаждающего пара на выходе из 1-й ступени ЦВД. При переводе в МР ЦВД целиком на выходе из последней ступени ЦВД установится давление пара на уровне давления пара на входе в ЦНД, и для обеспечения обратного течения пара с 20-й к 1-й ступени за первой ступенью нужно создать необходимое давление, определяемое по выражению (5). Допустимое температурное состояние при этом обеспечивается при давлении пара на выходе из первой ступени 0,21 *МПа*, на входе в 20-ю ступень – 0,15 *МПа* при расходе пара на уровне 3,0% от номинального расхода пара – 4,2 *кг/с* (15,1*т/ч*). Охлаждающий пар с параметрами 0,15 *МПа* и температурой около 420˚С смешивается с потоком пара, поступающего в ЦНД (рис.3).

В третьем варианте в моторном режиме находится вся проточная часть паровой турбины. Особенность этого варианта заключается в том, что весь пар и высокого, и низкого давлений после снижения их давления и температуры до допустимых значений сбрасывается в конденсатор. Такой режим работы паровой турбины самый неэкономичный и может применяться в аварийных режимах. Схема работы уплотнений турбины и охлаждения проточной части турбины такая же, как в [7], при расчетном давлении в конденсаторе 0,011 *МПа*.

Энергетические показатели паровой турбины и ПГУ в целом. При расчете энергетических показателей паровой турбины и ПГУ в целом в рассматриваемых вариантах работы ПГУ учитываются следующие их особенности:

- наличие пароводяных охладителей смешивающего типа для снижения температуры пара высокого и низкого давлений перед их сбросом в ЦНД, при этом в качестве охладителя используется основной конденсат после конденсатного насоса первого подъема;
- увеличение расхода пара в ЦНД за счет охлаждающего конденсата;
- увеличение давления в конденсаторе (по отношению к его значениям в “базисном” режиме) за счет увеличения расхода пара при постоянном расходе циркуляционной воды.

Температуру конденсации пара в конденсаторе t_K в режиме, отличающемся от номинального (при постоянном расходе охлаждающей воды и ее температуре на входе в конденсатор), можно определить по выражению

$$t_K = t_{в1} + \frac{D_K q_K}{D_{K0} q_{K0}} \left(t_{K0} - t_{в1}\right), \tag{6}$$

где $D_{K0,}, D_K$ - расход пара в конденсаторе соответственно в “базовом” и текущем режимах; $t_{в1}, t_{K0}$ - соответственно температура охлаждающей воды на входе в конденсатор и температура конденсации пара в “базовом” режиме; q_{K0}, q_K - теплота конденсации пара в “базовом” и текущем режимах.

Использование (6) для определения температуры конденсации пара, а следовательно, и давления в конденсаторе требует итеративного подхода.

Первоначально отношение (q_K/q_{K0}) принимается равным 1, рассчитывается величина t_K, определяется отношение (q_K/q_{K0}) и уточняется t_K, а затем и давление в конденсаторе.

В табл. 3 приведены основные результаты расчета тепловой схемы паровой турбины в рассматриваемых вариантах расширения регулировочного диапазона ПГУ-450 при следующих исходных данных "базового” режима ПГУ при мощности 270 *МВт*:

- расходы пара высокого/низкого давлений, *т/ч* (*кг/с*) - 321,0/70,0 (89,17/19,44);
- давление /температура пара высокого давления, *МПа*/ ˚С – 5,6/480,0;
- давление /температура пара низкого давления, *МПа*/ ˚С – 0,45/219,0;
- давление /температура пара на входе в ЦНД , *МПа*/ ˚С – 0,15/166,0;
- расход условного топлива на ПГУ, *ту.т/ч* -75,81 (*кг/с*).

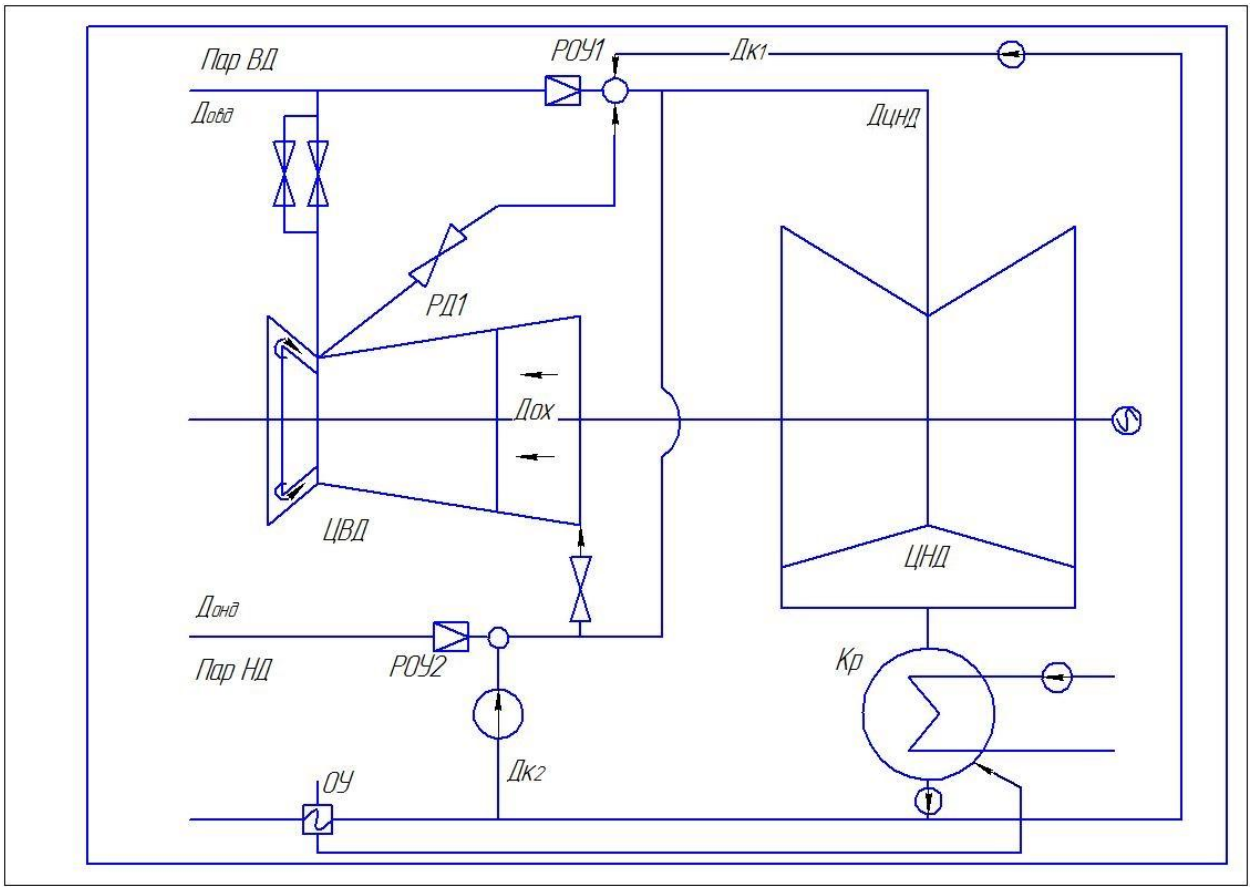


Рис. 3. Упрощенная тепловая схема паровой турбины для второго варианта (обозначения на рис.2)

Таблица 3

Результаты расчета тепловой схемы паровой турбины

№№	Наименование величины	Размер-ность	Вариант тепловой схемы ПТ			
			Б	1	2	3
1	Давление пара в конденсаторе	*МПа*	0,0075	0,0086	0,0087	0,011
2	Расход конденсата на охлаждение пара высокого давления	*т/ч*	-	61,7	61,7	128,4
3	Расход конденсата на охлаждение пара низкого давления	*т/ч*	-	0,22	0,67	16,0
4	Общий расход пара: в ЦНД в конденсатор	*т/ч*	391,0 391.0	452,92 452,92	453,37 453,37	9,0 535,4
5	Температура пара на входе в ЦНД	˚С	166.0	196,0	196,0	90,0
6	Мощность ЦВД	*МВт*	59,0	2,4	0	0
7	Мощность ЦНД	*МВт*	44,0	52,3	52,9	0
8	Мощность паровой турбины	*МВт*	103,0	54,7	52,9	0
9	Мощность ГТУ	*МВт*	167	167	167	167
10	Мощность ПГУ, % от $N_{ном}$	*МВт*, %	270 60,0	221,7 0,493	219,9 0,482	167 0,371
11	Удельный расход условного топлива	*г/МВт.ч*	281,0	342,0	344,7	454,0

Как видно из табл. 3, разгружение ПГУ – 450 с “базовой” электрической нагрузки 270 *МВт* путем применения рассмотренных комбинированных способов разгружения паровой турбины с применением обводного парораспределения и перевода в моторный режим отдельных участков паровой турбины или паровой турбины в целом позволяет разгружать ПГУ по электрической мощности до 167...220 *МВт*, что составляет 37,1...49,3% от номинальной мощности ПГУ, при этом эффективность их работы в 1-ом и 2-ом вариантах тоже находится на уровне этих блоков. Так, при разгружении газомазутных энергоблоков К-200 и К-300 до 40% от их номинальной мощности при прохождении ночных провалов нагрузки удельный расход условного топлива составляет соответственно 345...350 и 335...340 *г/кВт.ч*. Сравнение их с расчетными показателями ПГУ-450, приведенными в табл.3, показывает, что на рынке электроэнергии и мощности при решении проблемы прохождения провалов графиков электропотребления ПГУ как по глубине разгружения, так и по эффективности работы на пониженных нагрузках могут конкурировать с конденсационными энергоблоками, работающими на газомазутном топливе. Третий вариант разгружения ПГУ-450, имеющий наибольшую глубину разгружения, по эффективности значительно уступает эффективности конденсационных энергоблоков и может быть применен как способ аварийного разгружения на короткое время.

Литература

1. Нормы участия парогазовых установок в нормированном первичном регулировании частоты и автоматическом вторичном регулировании частоты перетоков и активной мощности: Стандарт Организации ОАО «СО ЕЭС» СТО 59012820.27.100.004-2012.
2. Methodology for consideration of specific features of Combined-Cycle Plants with the optimal sharing of the thermal and the electric loads at combined heat power plants with equipment of a complex configuration / **E.K. Arakelyan, A.V. Andriushin, S.Y. Burtsev, K.A. Andriushin, S.R. Hurshudyan** // Thermal Engineering — Pleiades Publishing, Ltd. - 2015. - Vol. 62, №5. - P. 335-340.
3. **Аракелян Э.К., Хуршудян С.Р., Бурцев С.Ю**. Способы расширения регулировочного диапазона ПГУ-450 и их сравнительная оценка по экономичности // Энергосбережение и водоподготовка. - 2014. - №2.- С. 45-50.
4. **Радин Ю.А., Давыдов А.В., Чугин А.В., Писковацков И.Н.** Определение допустимого регулировочного диапазона нагрузок энергоблока ПГУ-450Т при работе в конденсационном режиме// Теплоэнергетика. - 2004.- № 5. - С. 47-52.
5. **Сахаров В.К.** Выбор оптимальных режимом энергоблоков ПГУ при участии их в регулировании мощности энергосистемы: Дис. ... канд. техн. наук. - М., 2013.- 20 с.
6. **Аракелян Э.К., Андрюшин А.В., Бурцев С.Ю., Андрюшин К.А.** Техническая и экономическая целесообразность перевода паровой турбины ПГУ-450 в моторный режим // Электрические станции. – 2017. - №6. – С. 25-29.
7. **Аракелян Э.К., Минасян С.А., Андрюшин К.А.** Применение моторного режима на паровых турбинах парогазовых установок большой мощности//Вестник Инженерной академии Армении. - Ереван, 2017. – Т. 14, №3. - С. 390-396.
8. **Ольховский Г.Г., Костюк А.Г., Фролов В.В.** Турбины тепловых и атомных электрических станций. - М.: Издательство МЭИ, 2001.

10.09.2018.

Է.Կ. Առաքելյան, Ս.Ա. Մինասյան, Գ.Ք. Բաղրամյան

Т-125/150 ՇՈԳԵՏՈՒՐԲԻՆԻ ԽՈՐԸ ԲԵՌՆԱԹԱՓՄԱՆ ՄԻՋՈՑՈՎ ՇԳՏ-450-Ի ԿԱՐԳԱՎՈՐՄԱՆ ՏԻՐՈՒՅԹԻ ԸՆԴԼԱՅՆՄԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՆՊԱՏԱԿԱՀԱՐՄԱՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Դիտարկվում է շոգեգազային տեղակայանքների կարգավորման տիրույթի ընդլայնման տեխնիկական հնարավորությունը ՇԳՏ-450-ի օրինակով Т-125/150 շոգետուրբինի խորը բեռնաթափման միջոցով՝ համատեղ կիրառելով շրջանցիկ շոգեբաշխման եղանակները՝ և շոգետուրբինի առանձին տեղամասերի կամ ամբողջ տուրբինը շարժիչային ռեժիմ փոխադրելը: Ցույց է տրվում, որ 270 ՄՎտ «բազային» էլեկտրական բեռնվածքից ՇԳՏ-450-ի բեռնաթափումը շոգետուրբինի բեռնաթափման՝ դիտարկված համակցված եղանակների կիրառման միջոցով հնարավորություն է տալիս բեռնաթափել ՇԳՏ-ն մինչև 167...220 ՄՎտ ըստ էլեկտրական հզորության, որը կազմում է ՇԳՏ-ի անվանական հզորության 37,1...49,3%-ը: Բերված են շոգետուրբինի և ամբողջ ՇԳՏ-ի էներգետիկ ցուցանիշների մոդելային հաշվակների արդյունքները և տրվել է դրանց համեմատությունը 200 և 300 ՄՎտ հզորությամբ գազամազութային կոնդենսացիոն էներգաբլոկների համանման ցուցանիշների հետ:

Առանցքային բառեր. *տեխնիկական հնարավորություն, ընդլայնում, կարգավորման տիրույթ, շոգեգազային տեղակայանք, խորը բեռնաթափում, շոգետուրբին, շրջանցիկ շոգեբաշխում, շարժիչային ռեժիմ, էներգետիկ ցուցանիշներ, տեսակարար ծախս, համեմատություն, կոնդենսացիոն բլոկներ:*

E.K. Arakelyan, S.A. Minasyan, G.Q. Baghramyan

TECHNICAL FEASIBILITY AND ECONOMIC EXPEDIENCE OF EXPANSION OF ADJUSTING RANGE OF SGP-450 BY MEANS OF DEEP UNLOADING OF STEAM TURBINE T-125/150

The technical feasibility of expansion of adjusting range of steam-gas plants with regard to SGP-450 by means of deep unloading of steam turbine T-125/150 with combined usage of means of bypass steam distribution and transfer to motor regime of separate sections of steam turbine or turbine in whole is considered. It is shown that unloading of SGP-450 with "basic" electrical load of 270 MW by means of usage of examined combined means of unloading of steam turbine allows to unload SGP on electrical capacity to 167...220 MW, which compiles 37,1...49,3% from nominal capacity of SGP.The results of model calculations of energy indices of steam turbine and SGP in whole are brought and their comparison with analogous indices of gas-residual condensation power units with capacity of 200 and 300 MW are given.

Keywords: *technical feasibility, expansion, adjusting range, steam-gas plant, deep unloading, steam turbine, bypass steam distribution, motor regime, energy indices, unit discharge, comparison, condensation blocks.*

Аракелян Эдик Койрунович – д.т.н., проф. кафедры АСУТТ МЭИ
Минасян Сергей Ашотович - д.т.н., проф., зав. каф. Экономики и управления энергетикой НПУА
Баграмян Гарегин Каджикович – к.т.н., Председатель комиссии по регулированию общественных услуг РА

UDC 662.76 **ENERGETICS**

A.H. Vardanyan

BIOMASS GASIFICATION - STATE OF THE ART DESCRIPTION

Currently, the use of biomass as an energy source has received a tremendous amount of interest all over the world. Gasification of biomass can produce syngas which contains CO, CO_2, H_2 and CH_4.

In this review various mechanisms and technologies of biomass gasification, as well as the characteristics and performances of different types of gasifiers are discussed. The features of syngas cooling, cleaning and use are analyzed.

Keywords: *biomass, gasification, gasifier, syngas, cooling, cleaning.*

Introduction. The increase in energy demands caused by population growth and the depletion of worldwide oil energy resources and the fossil fuel emissions problem have put pressure on the world's countries to develop, manufacture, and use renewable energy. Renewable energy sources are currently being widely developed from the biomass accumulated from agricultural waste, such as straw, leaves, wood chips, dead branches of trees, peat, etc. The advantages of the biomass are low cost by-product in agriculture and forestry with low ash and tar contents. It is of particular importance for the countries like Armenia with limited natural fuel resources but plentiful biomass waste [1, 2].

Gasification is a thermochemical process for destruction of biomass wastes to produce energy carrier [3-6]. It is a thermo-chemical conversion technology that promotes a change of the chemical structure of the biomass at 800…1000^{0}C in the presence of a gasifying agent, involving partial oxidation of the fuel elements. The result of the gasification is a fuel gas (called syngas) consisting mainly of carbon monoxide (CO), hydrogen (H_2), carbon dioxide (CO_2), water vapor (H_2O), methane (CH_4), nitrogen (N_2), some hydrocarbons in very low quantity and contaminants, such as carbon particles, tar and ash. Gasification takes place in a reactor (gasifier), in the presence of an oxidizing agent (for instance pure oxygen, steam, air or combinations of these). The advantage of gasification is that using the syngas is potentially more efficient than direct combustion of the original fuel.

Some biomass gasification R&D activities have been provided at Barva Innovation Center (Talin, Armenia, www.barva.am), which results are shown in [7-9]. In the framework of "Biomass Heating Solutions for Rural Development" Project Armenian engineers have developed and manufactured various models of biomass gasifier [1, 10]. Trademark EcoGas of biomass gasifier is registered by Armenian Intellectual Property Agency and the National Institute of Standards of Armenia approved the Technical Specifications of the system (TU AM.39153613.7464-2014). Hence, high hopes are pinned on these results for a rapid and successful local market introduction of biomass gasification technologies.

The intention of the paper is to give an overview on the various biomass gasification technologies, different types of gasifiers, and on their technical requirements. It contains description of the respective process chain and demands by the syngas utilization. The features of syngas cooling and cleaning are also analyzed.

General Technological Process. Gasification occurs in a set of four steps: drying, pyrolysis, oxidation and reduction [3-6, 11, 12].

Drying. Biomass fuels usually contain 10…35% moisture. When biomass is heated to about 1000°*C*, the moisture is converted into steam.

Pyrolysis. After drying, as heating continues, the biomass undergoes pyrolysis. Pyrolysis involves burning biomass completely without supplying any oxygen. As a result, the biomass is decomposed or separated into solids, liquids, and gases. Charcoal is the solid part, tar is the liquid part, and flue gases make up the gaseous part.

Oxidation. Air is introduced into the gasifier after the decomposition process. During oxidation, which takes place at about 700…1400^{0}C, charcoal, or the solid carbonized fuel, reacts with the oxygen in the air to produce carbon dioxide and heat.

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + \text{heat}.$$

Reduction. At higher temperatures and under reducing conditions, that is when not enough oxygen is available, the following reactions take place forming carbon dioxide, hydrogen, and methane.

$$C + CO_2 \rightarrow 2CO;$$
$$C + H_2O \rightarrow CO + H_2;$$
$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2;$$
$$C + 2H_2 \rightarrow CH_4.$$

The biomass is normally fed into the gasification reactor (gasifier) via an air-tight closure. Conversion of the fuel into a producer gas takes place in the gasifier on the basis of various gasification technologies. The processes of drying, pyrolysis, oxidation and reduction take place in the gasifier and its auxiliary reactors. The producer gas (syngas) leaves the reactor with a certain pollutant load and enthalpy. In the subsequent steps of the process the sensitive heat contained in the producer gas is used for the provision of internal process heat and also for the extraction of heat. In various cleaning and cooling components the producer gas is subjected to a dry (hot) and/or wet cleaning to satisfy the respective cleanliness requirements for later use in a gas-utilization unit.

Biomass Feedstock Properties. There are a large number of different feedstock types for the use in a gasifier, each with different characteristics, including size, shape, bulk density, moisture content, energy content, chemical composition, ash fusion characteristics, and homogeneity of all these properties.

Feedstock moisture contents above 30% result in a lower gasification thermal efficiency, as energy is needed to evaporate the water, with the resulting steam also affecting the gas composition. Higher moisture contents also reduce the temperatures that are achieved, increasing the proportion of syngas tars in the syngas due to incomplete cracking. However, drying feedstocks to less than 10% requires ever increasing energy inputs, and hence a moisture contents in the 10…20% range are preferable.

Ash is the inorganic material (or mineral content) in biomass which cannot be gasified. It ranges from less than 1% (on a dry mass basis) in wood to above 20% in some animal manures and herbaceous crops (e.g. rice straw). Low-ash content feedstocks (<5%) are usually preferable to minimise disposal issues. Ash composition is also important, since feedstocks with low ash melting points can be difficult to gasify in some reactors. This is particularly true for fluidised beds, since melting ash can make bed particles adhere (agglomerate), causing the bed to "freeze" – requiring a shut-down and clean-out or major overhaul. Catalytic bed additives, such as olivine or dolomite, can be used to prevent sand bed agglomeration, but this is an additional expense. Whilst woody biomass feedstocks usually meet the ash requirements, crop residues (such as straw and husks) may have to be the first screened for their ash melting characteristics.

Besides feedstock moisture and ash properties, the size of the biomass fed into the gasifier can have a large influence on the gasification reaction – the required sizing is mainly a function of feeding rate, residence time, tar production, temperature and gasifier efficiency, which need evaluation for each individual gasifier and feedstock. Detailed testing information is scarce; however, in general, it is desirable to use a feedstock that is fairly uniform in size, shape and density. Loose crop residues should usually be compacted to provide the desirable bulk density to facilitate solids flow into the gasifier, and avoid feeding problems.

Pre-treatment. Preparation of biomass, such as drying and/or sizing is needed to some extent for most combinations of feedstock and gasifier type. Some gasifier type and feedstock combinations require more pre-treatment, in the form of an additional biomass conversion step, to make the biomass suitable for use. This approach is being also considered in order to use a diverse and variable range of feedstocks, to mitigate feedstock supply and price risks. Plant economics can be greatly improved through the use of lower cost feedstock, and in addition to this, achieving the potential bioenergy deployment cited in many studies will require use of a wide range of feedstocks, not all of which will be the most suitable feedstocks for gasification. Pre-treatment does, however, add to costs and energy requirements, which must be compared with those of using alternative feedstocks. The principal feedstock pre-treatment steps for biomass gasification include: resizing, drying and torrefaction.

Resizing. Smaller particles have a larger surface area to volume ratio, and the gasification reaction occurs faster when there is a larger biomass surface area. Smaller particles can also be suspended in gas flows more readily, and if very small, the particles may act like a fluid. Achieving the correct feedstock sizing for the gasifier is important. Resizing operations include grinding, shredding and crushing.

Drying. The removal of moisture contained within the biomass by evaporation, typically using temperatures between 100^0C and 120^0C. Drying requires a significant amount of energy in order to evaporate the large mass of water. This heat can be provided externally, or extracted from the gasifier

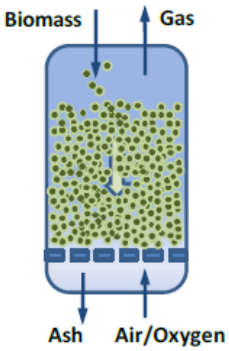
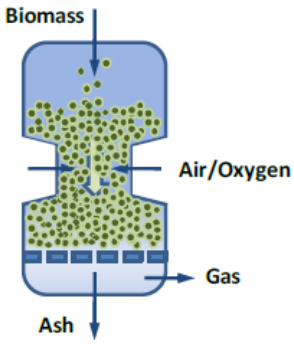
syngas or other plant process steps. Gasification efficiency increases with drier biomass, but drying costs also increase quickly below 10% moisture.

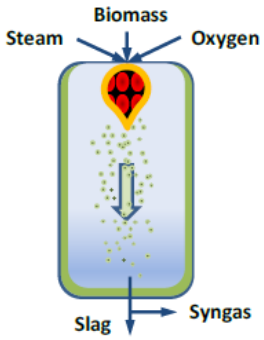
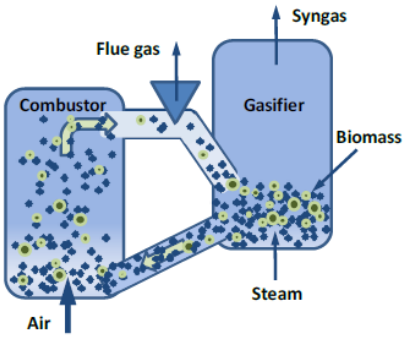
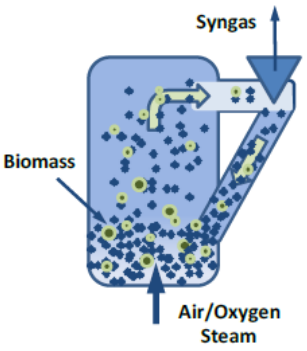
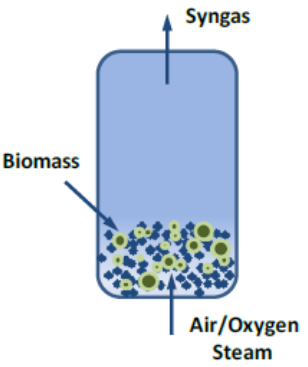
Torrefaction. It is a partial pyrolysis process, carried out under 200-350^{0}C at atmospheric pressure and absence of air. It removes moisture and volatiles from the biomass and releases the final product as char and product gas. This treatment destructs the fibrous structure, tenacity of the wood, increases the calorific value and inverts the hydrophilic nature. The biomass is partially devolatalized, reducing the mass but energy content is preserved in the solid product. Torrefaction process influences the power consumed to perform milling process. The electric power consumption depends on the size of the biomass. On comparing the power consumed by dried wood and torrefied wood it was found out, that, the electricity consumption increased when wood was milled below 1 *mm* size, but with torrefied wood the electricity needed was reduced by 80%.

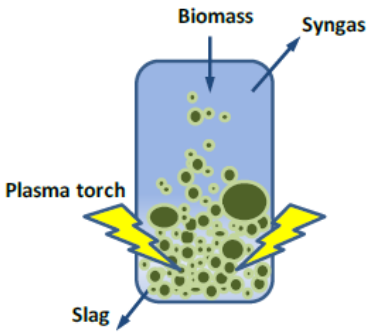
Gasification Technologies and Gasifiers. In the past decades much R&D was done to develop special gasification systems to convert biomass to synthesis gas [13-16]. There are several different generic types of gasification technology that have been demonstrated or developed for conversion of biomass feedstocks. Most of these have been developed and commercialised for the production of heat and power from the syngas, rather than liquid fuel production. The principal gasifier types are shown in the Table 1.

Table 1

The principal gasifier types

Updraft fixed bed	
• The biomass is fed in at the top of the gasifier, and the air, oxygen or steam intake is at the bottom, hence the biomass and gases move in opposite directions. • Some of the resulting char falls and burns to provide heat. • The methane and tar-rich gas leaves at the top of the gasifier, and the ash falls from the grate for collection at the bottom of the gasifier.	
Downdraft fixed bed	
• The biomass is fed in at the top of the gasifier and the air, and oxygen or steam intake is also at the top or from the sides, hence the biomass and gases move in the same direction. • Some of the biomass is burnt, falling through the gasifier throat to form a bed of hot charcoal which the gases have to pass through (a reaction zone). • This ensures a fairly high quality syngas, which leaves at the base of the gasifier, with ash collected under the grate.	

Entrained flow (EF)	
• Powdered biomass is fed into a gasifier with pressurised oxygen and/or steam. • A turbulent flame at the top of the gasifier burns some of the biomass, providing large amounts of heat, at high temperature (1200…1500°C), for fast conversion of biomass into very high quality syngas. • The ash melts onto the gasifier walls, and is discharged as molten slag.	
Dual fluidised bed (Dual FB)	
• This system has two chambers – a gasifier and a combustor. • Biomass is fed into the CFB / BFB gasification chamber, and converted to nitrogen-free syngas and char using steam. • The char is burnt in air in the CFB / BFB combustion chamber, heating the accompanying bed particles. • This hot bed material is then fed back into the gasification chamber, providing the indirect reaction heat. • Cyclones remove any CFB chamber syngas or flue gas. • Operates at temperatures below 900°C to avoid ash melting and sticking. Could be pressurized.	
Circulating fluidised bed (CFB)	
• A bed of fine inert material has air, oxygen or steam blown upwards through it fast enough (5…10 *m/s*) to suspend material throughout the gasifier. • Biomass is fed in from the side, is suspended, and combusts providing heat, or reacts to form syngas. • The mixture of syngas and particles are separated using a cyclone, with material returned into the base of the gasifier. • Operates at temperatures below 900°C to avoid ash melting and sticking. Can be pressurized.	
Bubbling fluidised bed (BFB)	
• A bed of fine inert material sits at the gasifier bottom, with air, oxygen or steam being blown upwards through the bed just fast enough (1…3*m/s)* to agitate the material. • Biomass is fed in from the side, mixes, and combusts or forms syngas which leaves upwards. • Operates at temperatures below 900°C to avoid ash melting and sticking. Can be pressurized.	

Plasma	
• Untreated biomass is dropped into the gasifier, coming into contact with electrically generated plasma, usually at atmospheric pressure and temperatures of 1,500…5,000°C. • Organic matter is converted into very high quality syngas, and inorganic matter is vitrified into inert slag. • Note that plasma gasification uses plasma torches. It is also possible to use plasma arcs in a subsequent process step for syngas clean-up.	

The main of different gasifier types differences are:

• How the biomass is fed into the gasifier and is moved around within it – biomass is either fed into the top of the gasifier, or into the side, and then is moved around either by gravity or air flows.

• Whether oxygen, air or steam is used as an oxidant – using air dilutes the syngas with nitrogen, which adds to the cost of downstream processing. Using oxygen avoids this, but it is expensive, and so oxygen enriched air can also be used.

• The temperature range in which the gasifier is operated.

• Whether the heat for the gasifier is provided by partially combusting some of the biomass in the gasifier (directly heated), or from an external source (indirectly heated), such as circulation of an inert material or steam.

• Whether or not the gasifier is operated at above atmospheric pressure – pressurised gasification provides higher throughputs, with larger maximum capacities, promotes hydrogen production and leads to smaller, cheaper downstream cleanup equipment.

The minimum syngas throughput needed to make these processes economically viable does help to determine which types of gasifier might be most suitable.

Fig. shows the likely scale of operation of different gasifier types.

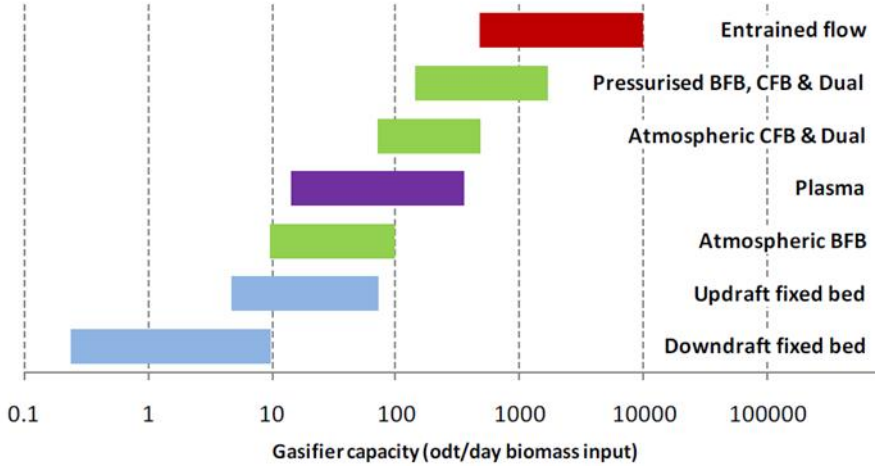


Fig. Gasifier technology capacity range

The requirements of different gasifier types vary considerably: from EF gasifiers requiring small particle sizes, optimal moisture content and a consistent composition over time, to plasma gasification which can accept nearly all biomass feedstocks with minimal or no pre-treatment. CFB and BFB, and Dual systems have intermediate feedstock requirements, being able to accept larger particle sizes and a wider range of moisture contents than EF, but also requiring care over the use of feedstocks with low ash

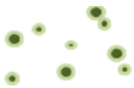
melting temperatures, such as agricultural residues. The feedstock requirements for each gasifier type are summarised in Table 2.

General advantages of biomass gasification technologies:

- Mature technology: Biomass gasifier technology is a mature technology and gasifiers are available in several designs and capacities to suit different requirements.
- Small and modular: The technology is suitable and economical for small, decentralized applications, typically with capacities smaller than a megawatt.
- Flexible operation: A gasifier based power system, unlike those based on other renewable sources, such as the sun and wind, can generate electricity when required and also wherever required. Whereas large thermal power plants and solar and wind based units are very location specific, biomass gasifier based systems can be set up at almost any place where biomass feedstock is available.
- Economically viable: For small-scale systems, the cost of power generation by biomass gasification technology is far more reasonable than that of conventional diesel based power generation.
- Socio-economically beneficial: Biomass gasifier based systems generate employment for local people.
- Mitigate climate change: Biomass is a CO_2 neutral fuel and, therefore, unlike fossil fuels, such as diesel does not contribute to net CO_2 emissions, which makes biomass based power generation systems an attractive option in mitigating the adverse effects of climate change.

Table 2

Feedstock requirements

Gasifier	Size	Moisture	Composition	Other
EF	<1 mm	15%	Should not change over time. Limited proportion of high-ash agricultural residues	Pre-treatment steps being used
BFB	<50-150 mm	10…55%	Can change over time. Care needed with some agricultural residues	
CFB	 <20 mm	5…60%	Can change over time. Care needed with some agricultural residues	
Plasma	Not important	Not important	Not important, can change over time. Higher energy content feedstocks preferred	Used for a variety of different wastes, gate fees common

Gas Cooling. The purpose of gas cooling is to lower the producer gas temperature to fulfil the requirements and necessary producer gas temperatures due to the optimal operation conditions of the present gas treatment step. In demonstration facilities the reactor discharge (500…800^{0}C) is cooled down to a level of about 60…100^{0}C, e.g. to be able to carry out dry particle filtration with ceramic filters or fabric filters respectively [17].

For gas utilization a temperature range of below 40^{0}C is required to attain a volumetric efficiency in the gas engine that is as high as possible – therefore adequate cooler and chillers have to be installed, which allows to decrease the producer gas temperature on a certain stable level, as well as which allows to fall below the dew point of the producer gas. The lower limit of the temperature range is restricted by the temperature level of the heat sink, which means that there are certain limitations from return line temperatures of the district heating system or ambient temperatures, when aiming at auxiliary cooling system to open air. Heat sink to open air is principally possible, but not desirable with respect to an efficient utilization of biomass and has to be matched with corresponding guidelines on the sufficient

energy budgeting and sustainable usage of energy. The gas cooling therefore requires well founded design of the various heat exchangers according to the application requirements of wood gas and its efficient usage in IC engines.

Gas Cleaning. It fulfills the purpose of providing constant gas qualities for gas modules independent of fluctuating producer gas contamination due to discontinuous processes in the gasifier and in fuel feeding, which leads to fluctuations in the quality of the raw gas. Gas cleaning has the task of de-dusting the producer gas, as well as ensuring suitable purity regarding tar load [18].

Here two ways are possible: firstly, combined gas de-dusting and gas cleaning by means of suitable scrubber columns or, secondly, separate gas de-dusting and gas cleaning by means of a preliminary hot/warm filtration for particle separation with subsequent gas cleaning of tarry compounds, whereby attention must be paid to the subsequently required costs for separation of mixtures and for processing and disposal, e.g. waste water treatment.

In various cleaning components the producer gas is subjected to a dry (hot) and/or wet cleaning. The purpose of dry gas cleaning is the removal of particulate matter from producer gas to reduce problems in the sub-sequent steps of the remaining process chain (e.g. gas cooling or utilization). Dry gas cleaning can be divided into hot gas cleaning with heat-resisting filters (at raw gas temperatures typically above 500^0C and before gas cooling) and into dry gas cleaning in fabric filters (typically below 200^0C after gas cooling).

Filter elements for hot gas cleaning typically consist of porous ceramic or sinter metallic materials. Hot gas cleaning is primarily interesting for gas utilization at high temperatures (gas turbines and fuel cells). Secondarily, it can be interesting to lower the particle load in the heat exchangers during gas cooling. Tar condensation is prevented by maintaining a minimum producer gas temperature; by adding adsorbents it is also possible to reduce the tar content in certain temperature and concentration ranges. Excessive tar condensation would result in operational malfunctions because the regeneration of the surface of the filter system and the apparatuses would no longer be possible.

Possible cleaning steps in the hot gas cleaning process can be the following:

- cyclone - primary de-dusting (prior to gas cooling);
- hot gas filter - fine de-dusting (prior to gas cooling);
- bag filter system - fine de-dusting (after gas cooling);
- other filters (sand bed filter, active coke bed).

Wet gas cleaning is purification of the producer gas by means of liquid scrubbing agents in a suitable scrubber system. The cleaning effect is brought about by the adherence of the contaminants to and the dissolving of the contaminants by washing agents. This kind of gas cleaning additionally fulfills the function of gas cooling because of the heat exchange between the producer gas and the washing agent due to the intensive contact and the heat removal through heat extraction via suitable heat exchangers. Washing agents used are water, water/oil emulsions, condensate and various hydrocarbons. After wet gas cleaning the producer gas can be used for combined production of heat and power, e.g. on the basis of gas engines, gas turbines or fuel cells as the conversion unit.

Application. The main syngas applications are as follows [3-6, 19]:

- Syngas can be burnt directly in open air, much like liquid petroleum gas, and therefore can be used for cooking, boiling water, producing steam, and drying food and other materials.
- Dryer: The hot gas after combustion can be mixed with the right quantity of secondary air to lower its temperature to the desired level for use in dryers in the industries, such as tea drying, cardamom drying, etc.
- Kilns: Firing of tiles, pottery articles, limestone and refractories, where temperatures of $800…950^0$C are required.
- Boilers: Syngas can be used as fuel in boilers to produce steam or hot water.
- Syngas can be used for generating motive power to run either dual-fuel engines (which run on a mixture of gas and diesel, with gas replacement of up to 85% of diesel) or engines that run on producer gas alone (100% diesel replacement). In general, the fuel-to electricity efficiency of gasification is much higher than that of direct combustion: The conversion efficiency of gasification is 35...45% whereas that of combustion is only 10...20%.

Biomass could be recommended as the main renewable source energy in Armenia.

References

1. **Vardanyan A.H., Ayvazyan G.Y., Vardanyan A.A.** Bioenergy Action Plan for Armenia.– Yerevan: Gasprint, 2016. – 101 p.
2. **Vardanyan A.H.** Perspectives and Issues of Biomass Utilization for Energy Production in Armenia // Proceedings of EAA. – 2016. - 13, 3. - P. 63-67.
3. **Kirubakarana V., Sivaramakrishnanb V., Sekard T.** A Review on Gasification of Biomass // Renewable and Sustainable Energy Reviews.- 2009.- 13. - P. 179-186.
4. **Chhiti Y., Kemiha M..** Thermal Conversion of Biomass, Pyrolysis and Gasification: A Review // The Int. J. of Eng. and Sci.- 2013.-2, 3.- P. 75-85.
5. **Molino A., Larocca V., Musmarra D.** Biofuels Production by Biomass Gasification // Energies.- 2018.- V. 11.- P. 811-843.
6. **Farzad S., Mandegari M., Görgens J.** Critical Review on Biomass Gasification, Co-gasification, and their Environmental Assessments // Biofuel Research Journal. - 2016.- V.12.- P. 483-495.
7. **Vardanyan A.H.** Biomass Gasification R&D Activities at Barva Innovation Center // Proceedings of EAA. – 2014. - 11, 4. - P. 61-66.
8. **Վարդանյան Ա.Հ.** Կենսազանգվածից սինթեզ գազի ստացման սարք.- 2015. – Օգտակար մոդել 421:
9. **Այվազյան Գ.Ե., Բարսեղյան Ռ.Ն., Վարդանյան Ա.Հ.** Կենսազանգվածից սինթեզ գազի ստացման արդյունաբերական գազիֆիկատորի մշակում // ՀՃԱ Լրաբեր. – 2017.- 14, 2. – Էջ 226-230.
10. **Vardanyan A.H., Yeghiazaryan G.M., Ayvazyan G.Y., Vardanyan A.A.** Biomass Energy.- 2017. – Yerevan, Gasprint. – 120 p.
11. **Kumar S., Shukla S.K.** A Review on Recent Gasification Methods for Biomethane Gas Production // Int. J. of Energy Eng.- 2016.- 6(1A).- P. 32-43.
12. **Rezaei H., Lim C.J., Lau A., Bi X.** Development of Empirical Drying Correlations for Ground Wood Chip and Ground Wood Pellet Particles // Drying Technology.- 2016.- V. 35(12).- P. 1423–1432.
13. **Lucia Faith, Mia Piper, Brooklyn Skye.** Wood Gas from the Suction Gasifier: A Practical Investigation // Int. J. of Research in Appl. Sci. – 2014. – V. 3. – P. 22-28.
14. **James R., Yuan W., Boyette M..** The Effect of Biomass Physical Properties on Top-lit Updraft Gasification of Woodchips // Energies.- 2016.- V. 9(4).- P. 283-295.
15. **Sheth P.N., Babu B.V.** Experimental Studies on Producer Gas Generation from Wood Waste in a Downdraft Biomass Gasifier// Bioresource Technology.- 2009. – 100.- P. 3127-3133.
16. **Martínez J.D., Mahkamov K.** Syngas Production in Downdraft Biomass Gasifiers and its Application using Internal Combustion Engines // Renewable Energy.- 2012.- V. 38.- P. 1–9.
17. **Thapa S., Bhoi P., Kumar A.** Effects of Syngas Cooling and Biomass Filter Medium on Tar Removal // Energies.- 2017.- V. 10.- P. 349-351.
18. **Abdoulmoumine N., Adhikari S., Kulkarn** A. A Review on Biomass Gasification Syngas Cleanup // Applied Energy. – 2015.- V. 155 (1).- P. 294-307.
19. **Rauch R., Hrbek J., Hofbauer H.** Biomass Gasification for Synthesis Gas Production and Applications of the Syngas // Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment. - 2014. – V. 3(4). - P. 853- 889.

21.02.2019.

Ա.Հ. Վարդանյան

ԿԵՆՍԱԶԱՆԳՎԱԾԻ ԳԱԶԻՖԻԿԱՑՈՒՄ. ԱՐԴԻ ՎԻՃԱԿԸ

Ներկայումս կենսազանգվածի կիրառումը որպես էներգիայի աղբյուր մեծ հետաքրքրություն է առաջացրել ամբողջ աշխարհում: Կենսազանգվածի գազաֆիկացման արդյունքում կարող է առաջանալ CO, CO_2, H_2 և CH_4 պարունակող սինթեզ գազ: Ներկայացված ակնարկում քննարկված են կենսազանգվածի գազիֆիկացման տարբեր մեխանիզմներ և տեխնոլոգիաներ, ինչպես նաև բերված են տարբեր տեսակի գազաֆիկատորների պարամետրերը և աշխատանքային բնութագրերը: Վերլուծված են սինթեզի գազի սառեցման, մաքրման և կիրառման առանձնահատկությունները:

***Առանցքային բառեր**. կենսազանգված, գազիֆիկացում, գազիֆիկատոր, սինթեզ գազ, սառեցում, մաքրում:*

А.А. Варданян

ГАЗИФИКАЦИЯ БИОМАССЫ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

В настоящее время использование биомассы в качестве источника энергии вызвало огромный интерес во всем мире. В результате газификации биомассы может образоваться синтез-газ, содержащий CO, CO_2, H_2 и CH_4. В представленном обзоре обсуждены различные механизмы и технологии газификации биомассы, а также приведены параметры и рабочие характеристики газификаторов различного типа. Проанализированы особенности охлаждения, очистки и использования синтез-газа.

***Ключевые слова:** биомасса, газификация, газификатор, синтез газ, охлаждение, очистка.*

Vardanyan Aram Hambardzum – Dr., Academician of Int. Academy of Eng. (Barva Innovation Center)

ISSN 1829 - 0043 ВЕСТНИК ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ АРМЕНИИ (ВИАА). 2019. Т.16, № 1

УДК 691.327: 620:193.001:57

АРХИТЕКТУРА, ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И СТРОИТЕЛЬСТВО

Б.В. Гусев, А.С. Файвусович

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ КОРРОЗИИ БЕТОНА

Сформулированы основные направления совершенствования математической теории коррозии бетона. Для коррозии химического типа они включают: учет фазовых превращений, двойную систему пористости и использование в качестве исходных данных для прогнозирования процессов деградации экспериментальных данных о распределении агрессивных компонентов по глубине слоя бетона эксплуатируемых конструкций. Функция скорости связывания агрессивного компонента при таком подходе получает аналитическое обоснование.

Ключевые слова: *фазовые превращения, двойная система пористости, задача Стефана, прогнозирование, деградация.*

В настоящее время объем бетонных и железобетонных конструкций, находящихся в эксплуатации в России, составляет ориентировочно 1,5 *млрд* $м^3$. С увеличением продолжительности эксплуатации возрастает объем конструкций, продолжительность безопасной эксплуатации которых, согласно действовавшим нормам во время строительства, исчерпана. Поэтому вопросы прогнозирования процессов деградации конструкции (прежде всего в условиях различных агрессивных воздействий), определяющие безопасность их эксплуатации, представляют важную проблему государственного значения.

Одним из наиболее актуальных направлений исследований в указанном направлении является разработка математических моделей процессов коррозии и на их основе инженерных методик прогнозирования, рассчитанных на массового потребителя.

Согласно действующим стандартам, при прогнозировании определению подлежат: глубина нейтрализованного слоя бетона на заданный срок эксплуатации и время достижения критической концентрации агрессивного компонента на границе с арматурой.

В статье анализируются виды коррозии, относящиеся к химическому типу (chemical damage). В него включаются сульфатная, карбонатная, хлоридная коррозия, выщелачивание, в том числе при фильтрации.

Разработка математических моделей осуществляется на основе механизма процесса, представленного в виде последовательности стадий, кинетика протекания которых в данном случае описывается законами физической химии. При этом должны учитываться особенности структуры порового пространства бетона и характер распределения частиц химически активного вещества в цементной матрице.

В моделях должны учитываться фазовые превращения в процессах коррозии, число которых для сульфатной коррозии равно трем.

На основе анализа экспериментальных данных принято, что в процессах гетерогенных химических реакций контролирующей стадией является подвод жидкой фазы к подвижной границе раздела фаз при кислотном воздействии и отвод в случае выщелачивания в мягкой воде, что связано с растворением. При выборе теории, характеризующей кинетику процесса кристаллизации, необходим учет обеспечения условия непрерывности и баланса веществ на границах с другими стадиями.

Ниже приводится анализ существующих моделей, используемых для прогнозирования. Наибольшее распространение для описанного процесса нейтрализации слоя бетона во времени получило решение задачи Стефана [1-4]. В ней рассматривался процесс нейтрализации слоя щелочного металла под воздействием кислоты. Подвижная граница раздела фаз остается плоской. На границе концентрации общая и в связанном состоянии равны нулю. Использование указанной зависимости для описания процесса нейтрализации бетона связано с введением некоторых допущений. Наличие капиллярной пористости означает, что все нейтрализуемые частицы из

цементной матрицы перемещаются в капилляры, расстояние между которыми может достигать 10 радиусов. Именно по указанной причине на начальном временном интервале наблюдается значительное отклонение расчетных значений от экспериментальных. Принято положение, что при продолжительности испытания t=180 суток устанавливается режим, соответствующий расчетному. Однако он также не оправдывается во многих случаях [1-7].

В решении задачи Стефана впервые учтены фазовые превращения и наличие подвижных границ, поэтому это решение широко используется в технике.

Однако перенос решения на процессы коррозии бетона из-за различных исходных расчетных схем приводит к невозможности описания ряда важных элементов процесса. Это связано с рядом причин:

- отсутствует описание нейтрализации фактического расположения частиц;

- отсутствует возможность определения сроков достижения критической концентрации на границе с арматурой, т.к. они не совпадают со сроками глубины нейтрализации.

Для устранения указанных недостатков в настоящее время развивается другое направление в области разработки определяющих уравнений массопереноса, особенность которых заключается в том, что вместо взаимодействия с твердой фазой на подвижной границе учитывается взаимодействие по боковой поверхности капилляров. Причем в ряде случаев в качестве функции скорости связывания вещества в химической реакции используется зависимость теории адсорбции (осаждения) Ленгмюра или Фрейндлиха [2]. Достоинство такого подхода заключается в том, что из одного исходного определяющего уравнения на основе решения краевой задачи определяются глубина нейтрализации и время достижения критической концентрации на границе с арматурой. Параметры зависимости, характеризующей кинетику процесса адсорбции в экспериментальных исследованиях, определяются по распределению концентраций агрессивного компонента в свободном и связанном состояниях, т.е. фактически на основе результатов химической реакции.

При этом остается неизвестной связь параметров со всеми особенностями протекания процессов с фазовыми превращениями. В случае двух или более фазовых превращений построение определяющих уравнений проблематично. В случае кристаллизации процесс при использовании зависимости адсорбции должен прекратиться, но фактически продолжается. Таким образом, область использования такого подхода ограничена. Из выполненного анализа следует, что при использовании одинарной системы пористости самостоятельное определение функции скорости связывания (стока при связывании или источника при выделении вещества) невозможно.

В работах авторов развито направление в области разработки математических моделей с использованием двойной системы пористости. Двойная система основывается на следующих исходных предпосылках [1-7]:

- все капилляры ($0{,}5\cdot10^{-7} \le r_o \le 10^{-5}$) *м* с учетом площадей поперечного сечения разделяются на два типа. К первому типу относятся сквозные капилляры продольного направления, по которым возможен массоперенос жидкой и, в случае атмосферной коррозии, также и газообразной фазы. В поперечных капиллярах, радиально примыкающих к сквозным, возможен массоперенос только жидкой фазы. Условно в данном случае поперечные капилляры называются микрокапиллярами;

- для описания процесса коррозии в массиве из всего разнообразия выделяется один структурный элемент, который характеризуется значениями пористости в продольном (ε_f) и поперечном (ε_r) направлениях радиуса R_o (см. рис.).

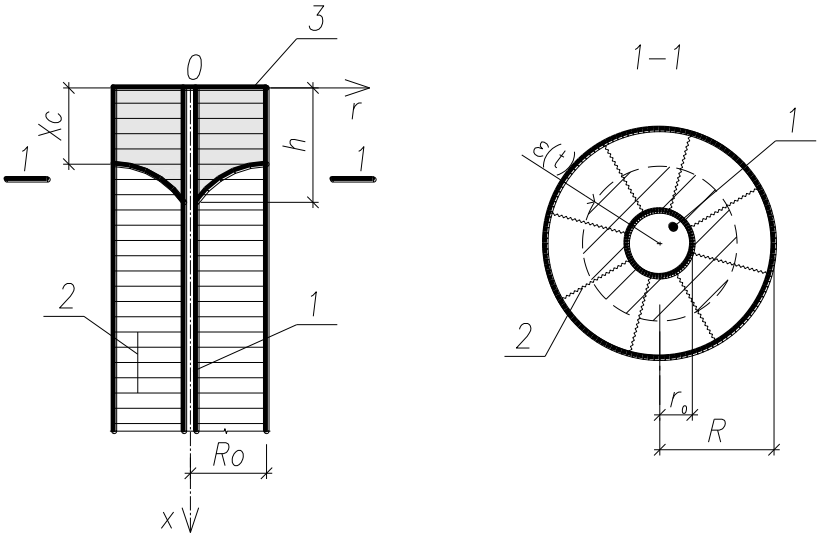


Рис. Схема структурного элемента: 1 - сквозной капилляр; 2 - микрокапилляры; 3 - нейтрализованная зона бетона; x_c - глубина полностью нейтрализованной зоны; R_0 - радиус структурного элемента

Основное требование, предъявляемое к структурному элементу, заключается в обеспечении соответствия распределения концентраций агрессивного компонента в бетоне эксплуатируемых конструкций и структурном элементе. Указанное достигается путем статистической обработки результатов распределения концентраций по глубине слоя эксплуатируемых конструкций и определения на их основе обобщенных параметров, используемых для прогнозирования процессов деградации на дополнительный срок эксплуатации при известном текущем. Более детальное описание алгоритма построения модели излагается далее.

Для описания процессов коррозии при фильтрационном массопереносе также используется двойная система пористости, включающая фильтрационные поры или трещины продольного направления и примыкающие к ним капилляры поперечного направления.

Концентрация нейтрализуемых частиц цементной матрицы определяется только той частью, которая расположена в капиллярах поперечного направления или примыкает непосредственно к ним.

Процесс нейтрализации химически активного вещества цементной матрицы при двойной системе пористости протекает по следующей схеме. При массопереносе агрессивного компонента в жидкой фазе в сквозном капилляре происходит ее переток в микрокапилляры, заполненные нейтрализуемым веществом. В результате гетерогенной химической реакции образуются подвижные границы фазовых превращений. Для дальнейшего анализа и построения модели структурный элемент по высоте может быть разделен на элементарные слои, в каждом из которых располагается один ряд микрокапилляров. Процесс коррозии при фильтрации протекает аналогично. Однако в случае выщелачивания в мягкой воде последовательно выщелачиваются *KON, NaOH, $Ca(OH)_2$*, гидросиликаты и гидроалюминаты.

Одним из наиболее важных этапов построения определяющего уравнения является формулирование и решение соответствующей краевой задачи для определения функции стока. Для этого в структурном элементе выделяется элементарный слой и принимается, что концентрация в сквозном капилляре поддерживается постоянной. Далее формулируется задача Стефана с подвижной границей гетерогенной химической реакции в отдельных микрокапиллярах с учетом условия квазистационарности. Условие квазистационарности означает, что ввиду крайне низкой скорости процесса распределения концентраций агрессивного вещества в жидкой фазе в любой момент времени, оно совпадает со стационарным. Затем решение обобщается на всю площадь элементарного слоя, ограниченную подвижной границей.

Полученная зависимость скорости связывания имеет принципиальное отличие от уравнения Ленгмюра, в частности, она обратно пропорциональна продолжительности процесса. Однако при t=0 она постоянна. Также важно, что все параметры процесса сведены к двум обобщенным.

Непосредственное использование полученной зависимости для практического применения нецелесообразно, т.к. связано с необходимостью учета переменного значения концентраций по глубине слоя. Указанное обусловлено численным решением нелинейного уравнения с большим количеством параметров, стандартные методы которых отсутствуют. Более целесообразным является другой вариант решения, основанный на линеаризации определяющего уравнения. Принимается, что в функции стока (скорости связывания) концентрация равна некоторому усредненному значению, величина которого определяется на основе данных о распределении концентраций (общей и в связанном состоянии) по глубине слоя бетона эксплуатируемых конструкций. Методика определения распределения концентраций регламентирована стандартами.

Решение соответствующей краевой задачи с линеаризованным определяющим уравнением представлено в виде зависимости, в которой концентрация в свободном состоянии равна разности общей и в связанном состоянии. В полученном решении все параметры процесса представлены в виде двух обобщенных, так что отпадает необходимость раздельного определения параметров. Определение обобщенных параметров на основе статистической обработки экспериментальных данных о распределении концентраций характеризует их как усредненных с учетом всех особенностей процесса эксплуатации. При этом отпадает необходимость в использовании значительного количества поправочных коэффициентов, одновременное использование которых приводит к снижению точности прогнозирования.

Принципиально важно, что полученная зависимость скорости связывания при корректировке значения концентрации с учетом растворимости справедлива для случая процесса выщелачивания, в том числе при фильтрации.

Показано, что каждая стадия процесса коррозии с фазовым превращением представляет собой самостоятельную (частную) задачу Стефана [2-6]. При наличии нескольких таких стадий математическая модель представляет собой последовательность частных задач, объединенных условиями непрерывности и баланса веществ. Наличие однотипных по форме функций стока и источника позволяет из ограниченного количества частных задач конструировать различные модели или их модификации. Так, в случае сульфатной коррозии, в зависимости от соотношения количества порландита или эттрингита, может кристаллизоваться гипс или эттрингит. Следует подчеркнуть, что сравнительный анализ различных типов коррозии также позволяет установить подобие протекания отдельных стадий. Так, например, развитие напряженно-деформированного состояния бетона при щелочекремнеземистой реакции, вызванное набуханием геля, аналогично процессу при кристаллизации эттрингита [8].

Разработка общих положений принципов построения математических моделей, методов прогнозирования процессов деградации позволяет объединить исследования в указанной области и представить в виде математической теории процессов коррозии.

Выводы

Из выполненного анализа следует, что совершенствование математических моделей процессов коррозии бетона связано:

- с уточнением механизма процессов коррозии, в котором определяющая роль принадлежит уравнениям физико-химических превращений физической химии, включая структуру порового пространства;
- с учетом подвижных границ и соответственных решений задач Стефана;
- с выбором эффективной системы подготовки исходных данных для прогнозирования деградации конструкций в агрессивных средах.

Литература

1. **Гусев Б.В., Файвусович А.С.** Математическая модель процесса атмосферной коррозии с учетом фазовых переходов // Вестник Волгогр. гос. архит.-стр. ун-та. Серия Стр-во и архит. - 2013. - Вып. 31(50), ч.2: Строительные науки. - С. 308-325.
2. **Гусев Б.В., Файвусович А.С.** Построение инженерной методики прогнозирования железобетонных конструкций в условиях атмосферной коррозии // Промышленное и гражданское строительство. – 2017. - №10. - С. 28-38.
3. **Гусев Б.В., Файвусович А.С.** Математическая модель процесса сульфатной коррозии бетона с учетом физико-химических превращений // Инновации и инвестиции. Строительство и архитектура. - М., 2018. - №11. - С. 240-255.
4. **Гусев Б.В., Файвусович А.С., Левадная С.И.** Закономерности процессов выщелачивания бетона при фильтрации // Промышленное и гражданское строительство. - М., 2013. - №12. - С.31-36.
5. **Гусев Б.В., Файвусович А.С.** Прогнозирование долговечности бетона при выщелачивании // Научный мир. - М., 2014. – С. 112.
6. **Гусев Б.В., Файвусович А.С.** Математическая теория коррозии бетона и железобетона // Инф. научно-технич. журнал: “Технология бетонов”. - М., 2014. - №10. - С. 35-39.
7. **Гусев Б.В., Файвусович А.С.** Построение математической теории процессов коррозии бетона // Строительные материалы. - 2008. - №3. - С. 38-41.
8. **Гусев Б.В., Файвусович А.С.** Физико-математическая модель кинетики щелоче-кремнеземистой реакции в бетоне // Инновации и инвестиции. Строительство и инвестиции. - М., 2017. - № 8. - С. 141-149.

14.01.2019.

Բ.Վ. Գուսև, Ա.Ս. Ֆայվուսովիչ

ԲԵՏՈՆԻ ԿՈՌՈԶԻԱՅԻ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ԿԱՏԱՐԵԼԱԳՈՐԾՄԱՆ ՈՒՂՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Ձևակերպվել են բետոնի կոռոզիայի տեսության մաթեմատիկական կատարելագործման հիմնական ուղղությունները: Քիմիական տիպի կոռոզիայի համար դրանք ներառում են՝ ֆազային (փուլային) փոխակերպումները, ծակոտկենության երկակի համակարգը և շահագործվող կոնստրուկցիաների բետոնի շերտի խորությամբ ագրեսիվ բաղադրիչների բաշխման վերաբերյալ դեգրադացման պրոցեսների կանխատեսման համար փորձարարական տվյալների օգտագործումը որպես ելքային տվյալներ: Նշված մոտեցման դեպքում ագրեսիվ բաղադրիչի կապակցման արագության ֆունկցիան ստանում է վերլուծական հիմնավորում:

Առանցքային բառեր. *ֆազային (փուլային) փոխակերպումներ, ծակոտկենության երկակի համակարգ, Ստեփանի խնդիր, կանխատեսում, դեգրադացիա:*

B.V. Gusev, A.S. Fayvusovich

NAVIGATIONS OF DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL THEORY OF CONCRETE CORROSION

There have been defined key focuses to improve mathematical theory of concrete corrosion. For chemical corrosion they include the following: consideration of phase transformations, dual porosity system and the use of basic experimental data on distribution of aggressive components in concrete layer depth in operated structures in order to forecast degradation processes. In the course of such an approach the function of binding speed in an aggressive component receives analytical justification.

Keywords: *phase transformations, dual porosity system, Stefan's task, forecasting, degradation*.

Гусев Борис Владимирович – д.т.н., проф., член-корреспондент РАН, Президент Международной и Российской инженерных академий (МИА)

Файвусович Александр Соломонович - д.т.н., проф., действительный член РИА

ISSN 1829 - 0043 ВЕСТНИК ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ АРМЕНИИ (ВИАА). 2019. Т.16, № 1

УДК 532.5.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ

В.А. Никулин

К ВОПРОСУ ОБ ОСНОВНЫХ УРАВНЕНИЯХ ДВИЖЕНИЯ РЕАЛЬНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Рассматриваются теоретические основы взаимодействия гидронов в реальных жидкостях, анизотропия переноса массы, импульса и энергии в сдвиговых течениях, а также тензор вязкости, в том числе в ламинарном течении чистого сдвига.

Ключевые слова: *несжимаемая жидкость, тензор вязкости, сдвиговые течения, гидроны, анизотропия вязкости.*

Классические уравнения Эйлера и Навье-Стокса исторически составляют основу для решения многих задач гидродинамики. Однако со временем стали очевидны несовершенство теории идеальной жидкости и неприменимость классической модели вязкой жидкости для описания большинства реальных течений. Нелинейность уравнений Навье-Стокса затрудняет их анализ, и поэтому полная замкнутая система уравнений гидродинамики вязкой жидкости пока не только не имеет точных решений для турбулентных течений, но даже нет и доказательства их существования.

Классическая модель вязкой несжимаемой жидкости заведомо неприменима для течений жидкостей, обладающих внутренней структурой (макромолекулярные, мицеллярные, жидкокристаллические и т.п. системы) или приобретающих структуру в движении (например, ориентировка турбулентных вихрей в пристеночных сдвиговых течениях или в анизотропных жидкостях). Известно, что для ориентационных эффектов, представляющих общие особенности взаимодействия между средой (несущей жидкостью) и ее элементарными частицами, необходимы обобщения известных физических моделей и соответствующих им уравнений движения [1]. Более того, жидкости в развитом турбулентном режиме, например, естественно рассматривать как своеобразную жидкую среду со структурой, образованной хаотически движущимися и взаимодействующими между собой и потоком молями [2].

1. Уравнения движения несжимаемой жидкости и новое реологическое уравнение. Вывод уравнений Навье-Стокса основан на предположении об однозначной связи между напряжением и градиентом скорости; иначе говоря, уравнения Навье-Стокса - это запись второго закона Ньютона для моля жидкости. В рассмотрение вводится коэффициент динамической вязкости, который характеризует молекулярную природу вязких сил, но четкой физической интерпретации до настоящего времени не имеет.

В работе [3] отмечается, что градиент скорости имеет размерность частоты и должен учитывать возможную частоту актов молекулярного взаимодействия, вызванную гидродинамическим фактором относительного послойного смещения. Тогда коэффициент динамической вязкости, учитывающий физико-химическую природу среды, должен учитывать размеры и массы молекул, их взаимное расположение, то есть геометрический объем среды, приходящийся на “возбужденную” молекулу.

При выводе уравнений движения жидкостей обычно рассматривают силы, действующие на грани элементарного объема жидкости. Этот объем выбирается достаточно малым, чтобы в его пределах характеристики течения менялись незначительно, но достаточно большим по сравнению с размерами входящих в него частиц жидкости и расстоянием между соседними частицами. При столкновении частиц, пришедших извне, с частицами, заключенными внутри элементарного объема жидкости, происходит обмен импульсом, описываемый тензором напряжений сдвига.

Под частицами жидкости можно понимать как молекулы и надмолекулярные образования, так и ассоциаты или более крупные образования, в частности, турбулентный вихрь. Для однородной среды справедливо уравнение движения жидкости в напряжениях:

$$\rho \frac{dU_i}{dt} = \rho F_i + \frac{dp_{ji}}{dx_j}, \quad i, j = 1, 2, 3 \quad , \tag{1}$$

где U_i - скорость жидкости; p_{ji} - тензор напряжений; F - объемная сила; ρ - плотность жидкости; t - время; x_j - координаты.

Уравнение (1) составлено без учета реологических особенностей текущей среды и носит общий универсальный характер. По первой теореме Гельмгольца движение элементарного объема среды можно в каждый момент времени представить разложенным на "квазитвердое" движение со скоростью U_s и "деформационное" движение со скоростью U_d:

$$U_i = U_{si} + U_{di}, \tag{2}$$

причем

$$U_{si} = u_i + \varepsilon_{ijk} \omega_k \delta r_j, \tag{3}$$

$$U_{di} = \dot{S}_{ij} \delta r_j. \tag{4}$$

Здесь u_i - поступательная скорость частицы жидкости; $\omega_к$ - угловая скорость квазитвердого вращения жидкости; $\dot{S}$ - тензор скоростей деформации; δr_i - элементарный жидкий отрезок; ε_{ijk} - единичный псевдотензор.

С учетом известного выражения для скорости изменения произвольного элементарного жидкого отрезка [4]

$$\frac{d(\delta r_i)}{dt} = U_i - u_i = \varepsilon_{ijk} \dot{\omega}_k \delta r_j + \dot{S}_{ij} \delta r \tag{5}$$

из соотношений (2) - (4) после несложных преобразований получено соотношение

$$\frac{dU_i}{dt} = \left[\frac{du_i}{dt} + \frac{d(\varepsilon_{ijk}\omega)}{dt} \delta r_j - \omega_k^2 \delta r_j \right] \varepsilon_{ijk} \omega_k \dot{S}_{ij} \delta r_j + \frac{d(S_{ij} \delta r_j)}{dt}. \tag{6}$$

Здесь члены, заключенные в квадратные скобки, характеризуют собой силы, действующие на элементы объема, так называемые объемные "квазитвердые" силы, а именно: силы инерции, появляющиеся в результате изменения поступательной du/dt и вращательной $d(\varepsilon_{ijk}\omega_k)\delta r_j/dt$ скоростей частиц, и центробежные силы, а последние два члена – "деформационные" силы. Итак,

$$F_i = \frac{dU_i}{dt} + \frac{d(\varepsilon_{ijk}\omega_k)}{dt} \delta r_j - \omega_k^2 \delta r_i \, . \tag{7}$$

Из выражений (1) и (6) находим

$$\frac{\partial p_{ji}}{\partial x_j} = (\nabla p)_i = \rho \varepsilon_{ijk} \omega_k S_{ji} \delta r_i + \rho \frac{\partial (S_{ij} \delta r_j)}{\partial t} + \rho (U_{dk} \nabla_k) \dot{S}_{ij} \delta r_j \, . \tag{8}$$

При $t = t_o$, соответствующем недеформированному состоянию элементарного жидкостного объема ($dr_j = 0$), из последнего соотношения имеем

$$(\nabla p)_i|_{t=t_o} = \rho \frac{\partial (\dot{S}_{ij} \delta r_j)}{\partial t} = \rho \frac{\partial U_{di}}{\partial t}. \tag{9}$$

Отсюда следует вывод о том, что градиент гидродинамического давления в движущейся жидкости связан с локальным изменением во времени деформационной скорости среды.

Так как

$$(\rho U_{dk} \nabla_k) \dot{S}_{ij} \delta r_j = \nabla_k (\rho U_{dk} \delta_j \dot{S}_{ij}) - \delta r_j \dot{S}_{ij} \nabla_k (\rho U_{dk}),$$

то с учетом уравнения сохранения массы элементарного объема

$$\nabla_k(\rho U_{dk}) = 0,\ t = t_0,$$

получим уравнение

$$(\nabla p)_i = (\nabla p)_i|_{t=0} + \nabla_k(\rho U_{dk}\delta r_j \dot{S}_{ij}) + \rho\varepsilon_{ijk}\omega_k \dot{S}_{ij}\delta r_i,$$

откуда окончательно имеем

$$\nabla_k(p_{ki}) = \nabla_k(\rho U_{dk}\delta r_j \dot{S}_{ij}) + \rho\varepsilon_{ijk}\omega_k \dot{S}_{ij}\delta r_j. \tag{10}$$

Для изотропной среды физические константы, выражающие свойства среды, представляют инвариантные скаляры, а наиболее общим видом связи между тензором напряжений и тензором скоростей деформации $\dot{S}$ является соотношение [4]

$$p = a\dot{S} + b\varepsilon. \tag{11}$$

Здесь a и b - скаляры, причем для того, чтобы соотношение (11) представляло линейную связь между тензорами, скаляр не должен зависеть от компоненты p или $\dot{S}$. Там же [4] отмечается, что из условия совпадения (11) со своим частным случаем: законом Ньютона

$$\tau = \mu\frac{\partial U}{\partial n}, \tag{12}$$

можно положить $a = 2\mu$. Для анизотропной среды равенство (11) усложнится и вместо a в некоторой комбинации с тензором $\dot{S}$ войдет тензор, характеризующий анизотропию среды, но также не зависящий от p и $\dot{S}$. Скаляр b может быть линейно связан с p и $\dot{S}$, но только через их линейные инварианты.

Действия симметрирования и альтернирования позволяют разбить уравнение (10) на два уравнения

$$\nabla_k(p_{ki}) = \nabla_k\left[\frac{1}{2}\rho\,(U_{dk}\dot{S}_{ij}\delta r_j + U_{di}\dot{S}_{kj}\delta r_j)\right] - \nabla_k(p\varepsilon_{ki}), \tag{13}$$

$$\nabla_k(p_{ki}) = \nabla_k\left[\frac{1}{2}\rho\,(U_{dk}\dot{S}_{ij}\delta r_j + U_{di}\dot{S}_{kj}\delta r_j)\right] + \rho\varepsilon_{ijk}\omega_k \dot{S}_{ij}\delta r_i. \tag{14}$$

Первое из этих уравнений (13) характеризует движение сплошной среды, когда имеет место “симметричная” гидродинамика, а уравнение (14) – “несимметричная” гидродинамика, то есть когда в жидкости присутствуют непрерывно распределенные пары сил.

Из уравнения (13) следует новое реологическое уравнение

$$p_{ki} = \frac{1}{2}(\rho U_{dk}\delta r_j \dot{S}_{ij} + \rho U_{di}\delta r_j \dot{S}_{kj}) - \rho\varepsilon_{ki}. \tag{15}$$

2. **Анизотропия переноса массы, импульса и энергии в сдвиговых течениях и тензор вязкости.** Применительно к уравнению (15) введем обозначение

$$\mu_{kj} = \frac{1}{2}\rho U_{dk}\delta r_j = \frac{1}{2}\rho\dot{S}_{kj}(\delta r_j)^2. \tag{16}$$

Размерность тензора μ_{kj} совпадает с размерностью динамического коэффициента вязкости, и он определяет коэффициенты при тензоре скоростей деформации. По физическому смыслу μ_{kj} описывает внутренний момент импульса элемента жидкости, появляющийся вследствие его деформации при движении. Поэтому есть основания для того, чтобы по аналогии с (12) называть μ_{kj} тензором динамической вязкости (или просто тензором вязкости):

$$p_{kl} = (\mu_{kj}\dot{S}_{ij} + \mu_{ij}\dot{S}_{kj}) - p\varepsilon_{kl} = 2\,\mu_{kj}\dot{S}_{ij} - p\varepsilon_{kl}. \quad (17)$$

Если предположить, что в движущейся жидкости взвешены малые по размерам твердые частицы, близкие по удельному весу к окружающей их жидкости, то можно принять, что они полностью увлекаются жидкостью, то есть совершают то же поступательное и вращательное движение, что и частицы жидкости, место которых они занимают. Но и в этом идеальном случае сохранится разница в движении твердых и жидких частиц; этой разницей служит деформационное движение жидкости, т.е. твердые частицы в движении относительно жидкости будут омываться потоком с деформационными скоростями в данной точке [4].

Размер элементарного объема среды (по оси OX_i) δr_i является динамической величиной, зависящей от физических свойств жидкости и условий течения. Введем понятие *гидрона как элементарного объема среды с минимальными размерами, для которых справедлива первая теорема Гельмгольца, и обладающего внутренней структурой, взаимоопределяемой физическими свойствами и гидродинамическими характеристиками текущей среды.*

В случае идеальной жидкости гидрон вырождается в точку, т.е.

$$\delta r_1 = \delta r_2 = \delta r_3 = 0. \quad (18)$$

Для сдвиговой турбулентности гидрона аналогично введем термин турбон - турбулентный вихрь или пульсационное образование. В турбулентных потоках с гидродинамически активными добавками и гидронами являются ассоциаты среды (гидратированный макромолекулярный полимерный клубок, мицеллярные или жидкокристаллические структуры и т.п.) и турбоны, взаимодействующие между собой.

Интересно отметить, что коэффициент 2/3 в законе Стокса в данной трактовке основных уравнений получается из связи:

$$\frac{1}{2}\rho U_{dk}\delta r_j \sim \frac{1}{3}\rho Cl.$$

В плоском стационарном течении жидкости *матрицы вязкости и скорости деформации примут вид*

$$M = \begin{vmatrix} \frac{1}{2}\rho u_d \delta x & \frac{1}{2}\rho u_d \delta y \\ \frac{1}{2}\rho v_d \delta x & \frac{1}{2}\rho v_d \delta y \end{vmatrix}, \quad (19)$$

$$\dot{S} = \begin{vmatrix} \frac{du}{dx} & \frac{1}{2}\left(\frac{du}{dy} + \frac{dv}{dx}\right) \\ \frac{1}{2}\left(\frac{dv}{dx} + \frac{du}{dy}\right) & \frac{dv}{dy} \end{vmatrix}. \quad (20)$$

Введем в рассмотрение *тензор анизотропии вязкости:*

$$A = \frac{\mu_{il}}{\mu_{jk}}. \quad (21)$$

В общем случае, тензор анизотропии вязкости - тензор четвертого ранга, однако в частных случаях, в том числе для плоских стационарных течений, он представляет собой тензор второго ранга. Важно, что компоненты тензора A можно определить как теоретически, так и экспериментально [5-8]. Для теоретического определения коэффициентов анизотропии вязкости, как следует из соотношений (21) и (16), необходимо знать только геометрический вид (форму) гидронов и вектор скорости потока. Экспериментальное определение анизотропии вязкости, в принципе, проще, чем нахождение коэффициентов вязкости, так как A является относительной, универсальной характеристикой потока.

Нетрудно показать, что закон Ньютона, а также ряд известных реологических соотношений для “неньютоновских” жидкостей являются лишь частными случаями нового реологического уравнения в виде (15) или (16).

Известно, что в потоках со сдвигом наблюдается неравномерное вращение асимметричных частиц, обусловленное гидродинамическими условиями. Происходит преимущественная кинетическая ориентация продольных осей, что приводит к появлению направленного диффузионного вращательного потока осей частиц в направлении, которому соответствует условие $d\rho/d\varphi > 0$ [8, 9]. Если частица не жесткая, а представляет собой вязкоупругое образование, то ее асимметрия зависит от гидродинамики потока и, следовательно, от ее местонахождения в потоке.

3. **О природе гидронов**. Наиболее естественной формой структурных образований в жидкости (гидронов) является сфера, которая может вытягиваться в эллипсоид вращения под действием сил трения. Удлинение эллипсоида равносильно повороту главных осей инерции. Под действием поверхностных сил эллипсоид будет стремиться вернуться к сферической форме, то есть для асимметричной частицы создается вращательный момент, требующий компенсации для поддержания устойчивого равновесного состояния. Поэтому частица среды, находящаяся в поступательном движении, будет деформироваться и (или) вращаться с некоторой угловой скоростью $\omega = - g \sin^2\varphi_m$. Длительность пребывания такой частицы в данном состоянии обратно пропорциональна ее деформации или ее мгновенной угловой скорости.

Так как размеры гидронов в реальной жидкости велики по сравнению с межатомными расстояниями, то движение жидкости можно описывать феноменологически, то есть уравнениями движения вязкой жидкости, и рассматривать вопрос о возмущении потока жидкости частицей и ее движения в потоке жидкости с заданным невозмущенным распределением скоростей. Граничные условия на разделе фаз связаны с движением частицы ее кинематикой.

Напомним, что закон Ньютона утверждает, что трение в жидкости зависит от одной постоянной - динамического коэффициента вязкости (неполная аналогия с твердым телом).

На основе уравнений Эйлера и обобщенного закона Ньютона в 1827 году Навье вывел уравнения движения вязкой несжимаемой жидкости; позднее, в 1843 - 1845 гг., новый вывод этих уравнений был получен Сен-Венаном и Стоксом.

Практика использования уравнений Навье-Стокса показала, что их применение при решении большого ряда задач приводит к существенным расхождениям с экспериментальными данными.

Уравнения Навье-Стокса должны быть дополнены уравнениями теплопроводности, если вязкость μ является функцией давления и температуры. Определение гидродинамического давления p как среднего арифметического $p = \frac{1}{3}p_{ij}$ может быть ошибочным, поскольку неизвестно, соответствует ли оно уравнению состояния $\rho = \rho(p_i T)$, в которое входят плотность ρ и давление p, взятые при статистических измерениях [4, 10].

Не описываются уравнениями Навье-Стокса явление сверхтекучести, течения с релаксацией, молекулярной диссоциацией и ионизацией, течения при наличии в среде непрерывно распределенных пар сил. Круг жидкостей, не подчиняющихся закону Ньютона, оказался очень широк: от бетонов, полимеров, жидких металлов и до коллоидных растворов, суспензий, смесей. Поэтому в прошлом столетии получила развитие реология - наука о деформациях и течении реологических тел под влиянием внешних силовых полей. Однако количество эмпирических зависимостей и постоянных, а также полуэмпирических моделей для различного рода реологических жидкостей столь велико, что не укладывается в рамки какой-либо единой, стройной теории.

Рассмотрим некоторые из известных представлений о структуре жидкой воды и их соответствие развиваемым нами положениям об анизотропии вязкости, возникающей в сдвиговых течениях.

Ранее были широко распространены модели малых агрегатов, предполагавшие, что жидкая вода является смесью H_2O_2 $(H_20)_2$ - дигидрола, $(H_20)_3$ - тригидрола и т.п. [8, 9, 11]. Однако многочисленные эксперименты разных исследователей показали, что модели малых агрегатов некорректны. Вода не состоит из малого числа отчетливо различных разновидностей молекул. Если агрегаты и существуют, то время их жизни не превышает 10^{-11} с.

Среди наиболее распространенных теорий жидкой воды выделяют теории, основанные на моделях пустот и смешанных моделях. Основой большинства смешанных моделей структуры воды является предположение о том, что жидкая вода состоит из малого числа отчетливо различных агрегатов (типов молекул). Модели пустот представляют класс смешанных моделей, в которых один тип молекул образует сетку водородных связей, а другой находится в пустотах этой сетки. Модели малых агрегатов также являются классом смешанных моделей.

В теоретических разработках смешанных моделей, выполненных Френком, высказано предположение о существовании "мерцающих кластеров" молекул, находящихся вне кластеров и не соединенных водородными связями. При этом отмечается, что хотя водородные связи в "свободной" (некластерной) воде разорваны, каждая молекула участвует в силовых диполь-дипольных и лондоновских взаимодействиях с соседними молекулами.

Понятие кластера Френка-Вина, в отличие от гидрона, является понятием статистическим. Но если кластер Френка-Вина является ассоциатом в неподвижной среде, то вывод уравнений движения несжимаемой жидкости, основанный на представлении об элементарных жидких объемах (гидронах), можно считать теоретическим подтверждением модели Френка-Вина как смешанной модели структуры воды.

Среди смешанных моделей структуры воды выделяют группу простейших смешанных моделей двух состояний [12], в которых разрешены только два типа разновидностей молекул, а свойства жидкости объясняют на основе уравнения равновесия

$$(H_20)\ \text{объем, тип} \rightleftarrows (H_20)\ \text{плотный тип.}$$

Обычно считают, что тип объемных молекул представляет "льдоподобный" кластер молекул, соединенных водородными связями, а тип плотных молекул характеризуется более тесной упаковкой и имеет более высокую энергию, чем молекулы объемного типа.

Среди моделей пустот отметим модель "водного гидрата" Полинга [11], который предположил, что конфигурация молекул в жидкой воде может быть сходна с конфигурацией клатратного соединения типа хлорного гидрата. В этой модели группы, состоящие из 20 молекул воды, соединенных водородными связями, образуют открытый, пентагональный додекаэдр, в котором имеются молекулы воды, не соединенные водородными связями.

Позднее Френк и Квист [*см. Frank M.S., Quist A.S//J.Ch.,Dh, -1961-№34. -p.604*] пришли к выводу, что хотя структуры, типа предложенной Полингом, и могут существовать в воде, жидкость вряд ли может быть построена целиком из молекул, входящих в каркас, и молекул, присутствующих в пустотах. Кинетические свойства воды показывают, что в любой момент некоторая доля молекул должна находиться в процессе перехода между каркасом и пустотами.

Основная предпосылка, на которой основывается большинство смешанных моделей, т.е. жидкая вода является смесью малого числа отчетливо различных типов молекул, не согласуется с экспериментальными данными. Результаты исследования несвязанных валентных полос показывают, что жидкость характеризуется изменчивостью молекулярных окружений, и поэтому вода не может быть корректно описана малым числом дискретных состояний, а характеризуется широким распределением разновидностей молекул. Отсюда следует, что модели, которые не объясняют этот факт, не могут быть и точными описаниями жидкой воды, даже если некоторые отчетливо различные молекулярные агрегаты существуют в воде, например, льдоподобные зародыши не существуют в жидкости.

Модель искаженных водородных связей Попла [*см. Pople J.AJ/ Proc.Roy.Soc.-l951. -A 205. -p. 163*] и тесно связанная с ней модель случайной сетки Бернала [*см. Bernal J.D//Proc.Roy.Soc. -1964. -A 208. - p. 299*] рассматривают водородные связи как искаженные, так и неразорванные. Молекулы в жидкости считаются подобными молекулам во льду, имеющим по 4 связи. Но сетки соединенных друг с другом молекул в жидкости характеризуются как нерегулярные и изменяющиеся. Считается, что наиболее распространенной конфигурацией в жидкости являются пятичишные кольца, хотя могут быть кольца из 4, 6, 7 и даже большего числа молекул. Модели искаженных водородных связей находятся в согласии с большинством известных экспериментальных данных о структуре воды. Однако Немети и Ширага [*см. NemethyD., Scherage H.AJ/ J. Chem. Phys. -1962. - v. 36. -p. 3382*] возражали против модели Попла, утверждая, что жидкость с такой развитой системой водородных связей будет очень вязкой, так как, по их мнению, разорванная водородная связь радикально отлична от сильно искаженной связи, но

известные в настоящее время данные показывают, что глубокие различия между разорванными и сильно искаженными связями отсутствуют.

Проведенный краткий анализ показывает, что даже для наиболее распространенной жидкости - воды, структура изучена недостаточно хорошо.

Естественные вязкоупругие образования в жидкости способны наряду с вязкой диссипацией при деформации аккумулировать подведенную к ним энергию, при этом величины обратимых деформаций макромолекулярных образований некоторых высокополимеров могут достигать $2*10^4$ … $3*10^4$ [8, 9, 13, 14].

4. Анизотропия вязкости в ламинарном течении чистого сдвига. Ламинарное стабилизированное течение является простейшим видом движения, позволяющим исследовать основные закономерности течения, присущие данной среде. Так как ламинарное течение в каналах в большинстве случаев является одномерным, то уравнения движения существенно упрощаются.

Рассмотрим распределение скоростей для движения чистого сдвига, то есть в потоке между двумя длинными параллельными пластинами, из которых нижняя неподвижна, а верхняя движется в собственной плоскости с постоянной скоростью

$$u(y) = y/h*U. \tag{22}$$

Чтобы существовало такое движение, к жидкости со стороны верхней пластины должна быть приложена в направлении движения уравновешивающая силы трения жидкости касательная сила. Касательное напряжение τ, то есть касательная сила, на единицу площади пропорциональна отношению U/h. Из формулы (22) градиент скорости равен

$$\frac{dU}{dy} = \frac{U}{h}, \tag{23}$$

поэтому отсюда следует закон Ньютона в форме соотношения (12), где динамический коэффициент вязкости μ играет роль множителя пропорциональности между касательным напряжением и градиентом скорости по нормали к стенке.

Покажем, что к аналогичному результату мы приходим и из соотношения (21).

Для движения чистого сдвига:

$$\mathrm{v} = 0 \ (U_2 = 0),$$

$$\frac{\partial \mathrm{v}}{\partial x} = \frac{\partial \mathrm{v}}{\partial y} = 0,$$

а $i, j, k = 1, 2$.

Тогда после подстановки в соотношение (17) выражений для тензоров вязкости и скорости сдвига (19) и (20) и преобразований получим

$$\tau = p_{xy} = \frac{1}{2}\rho U_d \delta x \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{1}{2}\rho \mathrm{v}_d \delta y \frac{\partial u}{\partial y} = \rho U_d \delta x \frac{\partial u}{\partial y}, \tag{24}$$

или

$$\tau = 2\mu_{xy}\frac{du}{dy}. \tag{25}$$

Как видим, соотношение (25) полностью аналогично закону Ньютона, но в случае движения чистого сдвига появляется анизотропия вязкости, что видно из получаемых аналогичным образом соотношений

$$\sigma = p_{xx} = (\frac{1}{2}\rho u_d \delta_y)\frac{du}{dy} = \mu_{xx}\frac{du}{dy}, \tag{26}$$

$$p_{11} = \mu_{12}\frac{du}{dx_2} - p.$$

Величина анизотропии вязкости при течении чистого сдвига определяется как

$$A = \frac{\mu_{xx}}{\mu_{xy}} = \frac{2\delta_x}{\delta_y} 2\bar{\ell},$$

где $\bar{\ell}$ - относительное удлинение гидронов.

Эта анизотропия вязкости A не влияет на трение, но увеличивает устойчивость потока к возмущениям, так как деформация линий тока или структуры потока гасится увеличением соответствующей компоненты вязкости.

Отсутствие пульсаций скорости в ламинарном потоке делает невозможным прямое обнаружение анизотропии вязкости. Однако удлинение гидронов проявляется хорошо при течении некоторых структурированных жидкостей при изменении скоростей сдвига (растворы полимеров, жидкие кристаллы и т.п.).

5. Анизотропия вязкости в потоках с гидродинамически активными добавками. Полученное ранее выражение для коэффициента анизотропии динамической вязкости показывает, что увеличение вязкости пропорционально удлинению частиц - гидронов. Если частица не жесткая, а представляет собой вязкоупругое образование (макромолекулярный клубок, ассоциат, мицеллу), то асимметрия его зависит от гидродинамики потока и, следовательно, его местонахождения в потоке.

Рассмотрим анизотропию вязкости, возникающую при течении слабых полимерных растворов, и с помощью известных молекулярных теорий получим ее связь с гидродинамическими параметрами потока.

Наиболее совершенной в настоящее время является модель макромолекулы в виде ожерелья, разработанная Зиммом [8].

В работе [9] рассмотрено течение разбавленного раствора полимера в случае произвольного потока, в которой тензор напряжений разлагается по комбинациям симметризованного и антисимметризованного тензоров градиентов скорости и вектора радиуса гирации макромолекулы.

В работе [15] рассматривается движение полностью протекаемой идеальной гибкой “гауссовой” макромолекулы в произвольном потоке. Макромолекула разбивается на z участков равной длины, a*(z + 1) цель заменяется шариком. Тогда, если L_i - вектор расстояния между соседними α и (α - 1) - шариками, а r_k, - координата α-й бусинки, то

$$L_i^{\alpha} = r_i^{\alpha} - r_i^{\alpha - 1}.$$

При действии упругой силы

$$\varphi_i^{\alpha_1} = 2T\text{æ}\,(L_i^{\alpha+1} - L_i^{\alpha}) = -2T\text{æ}A_{\alpha\gamma}\, r_i^{\gamma} \tag{27}$$

рассматривается движение совокупности шариков в присутствии гидродинамической силы трения:

$$\varphi_i^{\alpha} = \xi(v_i^{\alpha} - u_i^{\alpha}) \tag{28}$$

и эффективность броуновской силы:

$$-\frac{\partial \ln W}{\partial r_i^{\alpha}} T. \tag{29}$$

Здесь u_i - средняя скорость α-й бусинки; v_i^{α} - скорость жидкости в точке, где находится α-я бусинка при отсутствии последней; ξ - коэффициент трения бусинки; T - температура в энергетических единицах; æ - коэффициент упругости; W - функция распределения вероятности положения бусинок в пространстве $A_{\alpha\gamma}$, а матрица имеет вид

$$\begin{vmatrix} -1 & -1 & 0 & 0 & . & \kappa & . & 0 \\ -1 & -2 & -1 & 0 & . & . & . & 0 \\ . & . & . & . & . & . & . & . \\ 0 & 0 & 0 & 0 & . & . & . & 1 \end{vmatrix}.$$

6. Анизотропия вязкости и тензор напряжений в турбулентных сдвиговых течениях. Наиболее сложными для математического описания являются турбулентные сдвиговые течения, в которых наблюдается анизотропия переноса импульса и вещества. Анизотропия вязкости, возникающая вследствие деформации турбулентных вихревых структур и их ориентации в потоке, приводит к новому реологическому закону. Тогда уравнение движения жидкости в напряжениях (1) примет вид

$$\rho \frac{dU}{dt} = \rho F_i + 2\nabla_K (\mu_{Kj}\dot{S} - p\varepsilon_{Ki}). \tag{30}$$

Для уравнений Навье-Стокса существует много различных способов регуляризации. Большинство их сводится к введению дополнительной вязкости (см., например, [16]), необходимой для удержания детерминированности процесса, особенно в области больших скоростей. В уравнении (30) такая дополнительная вязкость появляется в любом сдвиговом течении.

В общем виде тензор напряжений задается одним из выражений (15), (16) или (17). Для турбулентного движения все динамические параметры представим в виде суммы осредненного и пульсационного движений. После обычных операций осреднения получим выражение для тензора напряжений в турбулентном сдвиговом течении:

$$p_{ki}\rho\overline{U_{dk}U_{di}} + \rho\overline{U_{dk}'U_{di}'} - p\varepsilon_{ki} = \rho\overline{\dot{S}_{kj}\dot{S}_{ij}(\delta r_j)^2} + \overline{\rho\dot{S}_{kj}'\dot{S}_{ij}'(\delta r_j')^2} - p\varepsilon_{ki} =$$

$$= 2\mu_{kj}\dot{S}_{ij} + 2\mu_{kj}'\dot{S}_{ij}' - p\varepsilon_{kj}. \tag{31}$$

Здесь

$$\dot{S}_{ij}' = \frac{1}{2}\left\{\frac{\partial u_i'}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j'}{\partial x_i}\right\} \text{ и } \mu_{kj}' = \rho\dot{S}_{kj}'(\delta r_j)^2 -$$

соответственно тензоры скоростей деформации и вязкости для пульсационного движения;

$$\mu_{kj}'\dot{S}_{ij} = \rho(\overline{U_{dk}'U_{di}'})$$

- имеет смысл деформационных турбулентных напряжений. Причем принято, что $U_{dk}' = 0$, $\mu_{kj}' = 0$, $S' = 0$.

Тензор градиента напряжений для случая движения вязкой несжимаемой жидкости найдем из соотношения (16):

$$\frac{\partial p_{ji}}{\partial x_j} = 2\mu_{kj}\frac{\partial \dot{S}_{ij}}{\partial x_j} 2\dot{S}_{ij}\frac{\partial \mu_{kj}}{\partial x_j} - \frac{\partial(p\varepsilon_{ki})}{\partial x_j}, \tag{32}$$

а для установившегося турбулентного течения:

$$\frac{\partial\langle p_{ji}\rangle}{\partial x_j} = 2\mu_{kj}\frac{\partial \dot{S}_{ij}}{\partial x_j} + 2\dot{S}_{ij}\frac{\partial \mu_{kj}}{\partial x_j} + 2\mu_{kj}\frac{\partial \dot{S}_{ij}'}{\partial x_j} + 2\dot{S}_{ij}'\frac{\partial \mu_{kj}}{\partial x_j} - \frac{\partial(p\varepsilon_{ki})}{\partial x_j}. \tag{33}$$

Из уравнений (30) и (33) получим уравнение турбулентного движения жидкости с тензорной вязкостью:

$$\rho\frac{\partial U_i}{\partial t} = \rho\bar{F}_i + \nabla_k(\overline{2\mu_{kj}}\bar{\dot{S}}_{ij} + \overline{2\mu_{kj}'\dot{S}_{ij}'} - \overline{\rho U_i'U_k'} - p\varepsilon_{ki}). \tag{34}$$

Используя метод Фридмана-Келлера для составления уравнений моментов [10], получим транспортные уравнения вязких напряжений. Для этого подставим уравнение (30) в равенство

$$\frac{\partial}{\partial t}\rho U_i U_j = \rho U_i\frac{\partial U_j}{\partial t} + \rho U_j\frac{\partial U_i}{\partial t}, \tag{35}$$

откуда после преобразований найдем

$$\frac{\partial}{\partial t}\rho U_i U_j = \rho U_i + \frac{\partial}{\partial x_K}\Big[\rho U_i U_j U_K + (pU_i\varepsilon_{jK} + pU_j\varepsilon_{iK}) - \\ - 2(U_i \mu_{Kj}\dot{S}_{ji} + U_j \mu_{Kj}\dot{S}_{ij})\Big] = (\rho U_i F_j + \rho U_j F_i) + \\ + \rho\left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i}\right) - 2\left(\mu_{Ki}\dot{S}_{ji}\frac{\partial U_j}{\partial x_K} + \mu_{Ki}\dot{S}_{ij}\frac{\partial U_j}{\partial x_K}\right). \quad (36)$$

Отсюда для плотности кинетической энергии E = получим уравнение

$$\frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_K}(EU_K + pU_K - 2U_\alpha \mu_{Kj}\dot{S}_{\alpha j}) = \rho U_K F_K - \rho D, \quad (37)$$

где $\rho D = 2\mu_{Kj}\dot{S}_{\alpha j}\frac{\partial U_K}{\partial x_\alpha}$ - удельная диссипация кинетической энергии.

Аналогичным образом из (35) и (34) найдем уравнение для тензора напряжений:

$$\frac{\partial(\rho\overline{U}_i\overline{U}_j)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_K}\Big[\rho\overline{U}_i\overline{U}_j\overline{U}_K + \rho\overline{U_i'U_K'}\overline{U}_j + \rho\overline{U_j'U_K'}\overline{U}_i + \\ + (\overline{p}\overline{U}_i\varepsilon_{jK} + \overline{p}\overline{U}_j\varepsilon_{iK}) - 2(\overline{U}_i\overline{\mu_{Ki}\dot{S}_{ji}} + \overline{U}_j\overline{\mu_{Kj}S_{ij}}) - \\ - 2(\overline{U}_i\overline{\mu'_{Ki}\dot{S}'_{ji}} + \overline{U}_j\overline{\mu'_{Kj}\dot{S}_{ij}})\Big] = (\rho\overline{U}_i\overline{F}_i + \rho\overline{U}_j\overline{F}_i) + \\ + \overline{p}\left(\frac{\partial\overline{U}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial\overline{U}_j}{\partial x_i}\right) - 2\left(\overline{\mu'_{Kj}\dot{S}'_{ij}}\frac{\partial\overline{U}_j}{\partial x_K} + \overline{\mu'_{Kj}\dot{S}'_{ij}}\frac{\partial\overline{U}_i}{\partial x_K}\right) - \\ 2\left(\overline{\mu'_{Kj}\dot{S}'_{ij}}\frac{\partial\overline{U}_j}{\partial x_K} + \overline{\mu'_{Ki}\dot{S}'_{ij}}\frac{\partial\overline{U}_i}{\partial x_K}\right) + \left(\rho\overline{U_i'U_K'}\frac{\partial\overline{U}_j}{\partial x_K} + \rho\overline{U_j'U_K'}\frac{\partial\overline{U}_i}{\partial x_K}\right). \quad (38)$$

Для плотности кинетической энергии осредненного движения уравнение (37) примет вид

$E_S = \frac{1}{2}\rho\overline{U_\alpha U_\alpha}$:

$$\frac{\partial E_S}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_K}(E_S\overline{U}_K + \rho\overline{U_K'U_\alpha'}\overline{U}_\alpha + \overline{p}\overline{U}_K - 2\overline{U}_\alpha\overline{\mu_{Ki}S_{\alpha i}} - \\ - 2\overline{U}_\alpha\overline{\mu'_{Ki}S'_{\alpha i}}) = \rho\overline{U}_K\overline{F}_K - \rho D_S + \rho\overline{U_K'U_\alpha'}\frac{\partial\overline{U}_\alpha}{\partial x_K}, \quad (39)$$

где $\rho D_S = (\overline{\mu_{Ki}\dot{S}_{\alpha i}} + \overline{\mu_{Ki}\dot{S}_{\alpha i}})\frac{\partial\overline{U}_\alpha}{\partial x_K}$ - удельная вязкая диссипация энергии.

Усредняя уравнение (36) и вычитая из него уравнение (38), получим искомое уравнение для тензора турбулентных напряжений:

$$\frac{\partial(\rho\overline{U_i'U_j'})}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_K}\Big[\rho\overline{U_i'U_j'}\overline{U}_K + \rho\overline{U_i'U_j'U_K'} + (\overline{p'U_i'}\varepsilon_{jK} + \overline{p'U_j'}\varepsilon_{jK}) - \\ - 2(\overline{U_i'\mu_{Ki}S_{ji}'} + \overline{U_j'\mu_{Kj}S_{ij}'})\Big] = \rho\overline{U_i'F_j'} + \rho\overline{U_j'F_i'} + \overline{p'\left(\frac{dU_i'}{dx_j} + \frac{dU_j'}{dx_i}\right)} - \\ - 2\left(\overline{\mu_{Kj}'S_{ij}'\frac{dU_j'}{dx_K}} + \overline{\mu_{Ki}'S_{ji}'\frac{dU_i'}{dx_K}}\right) + \left(\rho\overline{U_i'U_K'}\frac{d\overline{U}_j}{dx_K} + \rho\overline{U_j'U_K'}\frac{d\overline{U}_i}{dx_K}\right) \quad (40)$$

движения $E_t = \frac{1}{2}\rho\overline{U_K'U_K'}$:

$$\frac{\partial E_S}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_K}(E_S\overline{U}_K + \rho\overline{U_K'U_\alpha'}\overline{U}_\alpha + \overline{p}\overline{U}_K - 2\overline{U}_\alpha\overline{\mu_{Ki}\dot{S}_{\alpha i}} - \\ - 2\overline{U}_\alpha\overline{\mu'_{Ki}\dot{S}'_{\alpha i}}) = \rho\overline{U}_K\overline{F}_K - \rho D_S + \rho\overline{U_K'U_\alpha'}\frac{\partial\overline{U}_\alpha}{\partial x_K} \quad (41)$$

где $\rho\overline{D_t} = 2\overline{\mu_{ki}' \dot{S}_{ai}' \frac{\partial U_a'}{\partial x_K}}$ - средняя удельная диссипация энергии пульсационного движения под действием вязкости.

Уравнение (41) является общим уравнением баланса турбулентной энергии, оно дополняет уравнения турбулентных напряжений, но в то же время требует более полного описания турбулентности.

Из анализа уравнений (39), (41) становится ясно, что диссипация турбулентной энергии будет уменьшаться с уменьшением абсолютной величины *порождения турбулентной энергии:*

$$\Pi_t = -\overline{\rho U_k' U_a'} \frac{\partial \bar{U}_a}{\partial x_k} .$$

Этого можно добиться с применением методов управления турбулентным пограничным слоем гидродинамически активными добавками, упругими покрытиями и т.п.

В работах [1, 5 - 7] показано, что в потоках с добавками растворимых высокополимеров происходит снижение турбулентного трения за счет возникновения анизотропии вязкости. Надмолекулярные структуры перекрывают спектральный канал передачи турбулентной энергии, возрастает устойчивость вязкого пристенного слоя жидкости, что приводит к уменьшению диссипации турбулентной энергии.

Более подробно вопросы математического описания движения различных жидкостей и их приложения к проблемам энергосбережения и задач машиностроения рассчитаны автором в работе [17].

Литература

1. **Рей В.Д.** Течения со значительными ориентационными эффектами // Ракетная техника и космонавтика. – 1976. - Т 14, № 10. - С. 10-20.
2. **Скворцов Г.Е., Тимохов Л.А.** К теории турбулентности // Вестник ЛГУ. – 1980. - Вып. 2, №3. - С. 106-110.
3. **Репин И.Н, Пелевин Л.А.** Возникновение турбулентности. - Уфа: Башкирское книжное издательство, 1977.-96 с.
4. **Лойцянский Л. Г.** Механика жидкости и газа.-М.: Наука, 1973.
5. **Повх И.Л., Никулин В.А.** Турбулентное течение вязкой жидкости и слабых растворов полимеров в трубах. – В кн.: Физическая гидродинамика. - Киев-Донецк, 1977.-С. 25-34.
6. **Никулин В.А.** Модель пристеночной турбулентности в слабых растворах полимеров // В кн.: Физическая гидродинамика.-Киев-Донецк, 1977. - С. 34-46.
7. А.с. на изобретение № 873031 (СССР). Способ определения анизотропии вязкости жидкостей / **И.Л. Повх, В.А. Никулин.** - Опубл. 15.10.81 г. Бюллетень № 38.
8. **Цветков В.К, Эскин В.Е,, Френкель С.Я.** Структура макромолекул в растворах. - М.: Наука, 1964.
9. **Тагер А.А.** Физико-химия полимеров. - М.: Химия, 1968.- 536 с.
10. **Pauling H.** Hundrogen Bouding. - London: Pergamou Press, 1959.
11. **Дмитриев Н.М.** Эффекты анизотропии, возникающие при течении полимерных растворов // Вестник МГУ. Сер. Математика, механика. - 1977.- № 4. - С. 115 - 120.
12. **Эйзенберг Д., Кауцман В.** Структура и свойства воды. - Л.: Гидрометеоиздат, 1975.-280 с.
13. **Мидлман С.** Течение полимеров. - М.: Мир, 1971. - 260 с.
14. **Моравец Т.** Макромолекулы в растворе. - М.: Мир, 1967.
15. **Ладыженская О.А.** Математические вопросы динамики вязкой несжимаемой жидкости. - М.: Наука, 1970.- 288 с.
16. **Монин А.С., Яглом А.М.** Статистическая гидромеханика. -Л., М.: Наука, 1965.- 639 с.
17. **Никулин В.А.** Уравнение пристенной турбулентности с целью энергосбережения в машиностроении: Монография. – Ижевск: РИО КИГИТ, 2011. – 166 с.

19.03.2019.

Վ.Ա. Նիկուլին

ՌԵԱԼ (ԻՐԱԿԱՆ) ՀԵՂՈՒԿՆԵՐԻ ՇԱՐԺՄԱՆ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ՀԱՐՑԻ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

Դիտարկվում են իրական հեղուկներում հիդրոնների փոխազդեցության տեսական հիմունքները, զանգվածի, իմպուլսի և էներգիայի փոխադրման անիզոտրոպիան տեղաշարժման (սահքային) հոսքերում, ինչպես նաև մածուցիկության թենզորը, այդ թվում՝ մաքուր տեղաշարժման լամինար հոսքում։

Առանցքային բառեր. *անսեղմելի հեղուկ, մածուցիկության թենզոր, տեղափոխվող հոսքեր, հիդրոններ, մածուցիկության անիզոտրոպիա։*

V.A. Nikulin

TO THE QUESTION OF MAIN EQUATIONS OF MOVEMENT OF REAL LIQUIDS

Theoretican the bases are considered with the hydrons in real fluids, anisotropy is transmitted to masses, pulses and energies in sedimentary tissues, and also tensor viscosity in the laminar layer of silicone salvation.

Keywords: *unsteady liquid, viscosity tensor, sage tissues, hydrons, anisotropy of viscosity.*

Никулин Валерий Александрович - доктор техн. наук, профессор, вице-президент Российской и Международной инженерных академий, ЧОУ ВО “Камский институт гуманитарных и инженерных технологий”

ISSN 1829 - 0043 ВЕСТНИК ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ АРМЕНИИ (ВИАА). 2019. Т.16, № 1

УДК 539.3 МАШИНОСТРОЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ

Г.Г. Шекян

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Работа направлена на развитие современных методов анализа устойчивости нелинейных систем. Поскольку уравнения, описывающие нелинейные колебания, не имеют точных решений, то мы удовлетворялись приближенными решениями, которые дают достаточную информацию об устойчивости. Приводятся аналитические методы, которые включают методы итерации, усреднения и гармонического баланса. Показано, что условия устойчивости можно определить с помощью параметров системы, входящих в решения. Эти параметры устанавливают не только устойчивость системы с основной частотой, но и устойчивость системы с частотами субгармоники.

Ключевые слова: *устойчивость, нелинейные системы, плоскость состояния, асимптотическая устойчивость, особые точки, интегральные кривые.*

Введение. В линейных системах, где существует только одно состояние, вопрос об устойчивости является сравнительно простым. Если же система нелинейна, то может существовать несколько состояний равновесия. Поэтому вопрос об устойчивости является особенно важным при изучении нелинейных систем. Конечно, нетрудно установить, что подразумевается под устойчивостью линейной системы. Однако вследствие многообразия явлений, которые могут возникнуть в нелинейной системе, нет возможности пользоваться единственным определением устойчивости, приемлемым в любом случае. Если на линейную систему действует периодическая сила, то результирующее движение представляет собой суперпозицию колебаний двух типов. В тех случаях, когда система асимптотически устойчива, свободные колебания затухают сравнительно быстро, и следует рассматривать только вынужденные колебания. Естественно, при рассмотрении линейных систем вынужденные колебания однозначно определяются параметрами системы и внешней силы и ни в коей мере не зависят от начальных условий, тогда как нелинейные системы обладают совершенно иными свойствами.

В нелинейных системах наряду с колебаниями, имеющими тот же период, что и внешняя сила, может появиться целый ряд других периодических колебаний.

Постановка задачи и решение. Из теории дифференциальных уравнений известно, что их решения однозначно определяются величинами, заданными начальными условиями. Отличительной чертой нелинейных систем является то, что в одной и той же системе могут существовать различные виды периодических колебаний, зависящие от различных значений начальных условий.

Рассмотрим систему, описываемую дифференциальными уравнениями [1]

$$\frac{dx}{d\tau} = y - x\left(x^2 + y^2\right), \quad \frac{dy}{dt} = -x - y\left(x^2 + y^2\right), \tag{1}$$

и исследуем поведение траектории на плоскости состояний.

Очевидно, начало координат $x = 0,\ y = 0$ является особой точкой, которая соответствует состоянию равновесия системы. Интегральная кривая, т.е. траектория уравнения (1), изображена на рис.1 (кривая ОКМ). Если равновесие асимптотически устойчиво, то с ростом τ изображающая точка $x(\tau)$ и $y(\tau)$ стремится к началу координат. На рис 1 изображена также окружность, определяемая уравнением

$$\mathrm{v}(x, y) = x^2 + y^2 = r^2, \tag{2}$$

где r – расстояние между точками k и O.

Как x, так и y являются функциями времени τ, поэтому v также является функцией τ.

Точка "***O***" является особой точкой, если $\mathrm{v}(\tau)$ – убывающая функция, стремящаяся к нулю при $\tau \to \infty$. Из уравнения (2) имеем

$$\frac{d\mathrm{v}}{d\tau} = 2x\frac{dx}{d\tau} + 2y\frac{dy}{d\tau}. \tag{3}$$

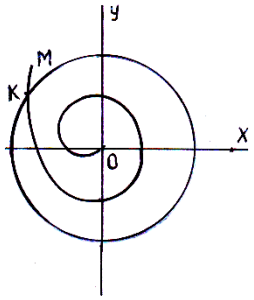


Рис.1. Траектория уравнения (1) интегральной кривой ОКМ и окружность с центром в точке O, определяемая уравнением (2)

Подставляя (1) в (3), получим

$$\frac{d\mathrm{v}}{d\tau} = 2x\left[y - x\left(x^2 + y^2\right)\right] + 2y\left[-x - y\left(x^2 + y^2\right)\right] = -2\left(x^2 + y^2\right)^2. \qquad (4)$$

Ясно, что $\frac{d\mathrm{v}}{d\tau} < 0$ для всех значений τ, x и y, кроме начала координат. Тогда можно сделать вывод, что изображающая точка с ростом τ стремится к началу координат. Следовательно. система (1) имеет только одно устойчивое состояние равновесия, соответствующее началу координат [2-4].

Если рассматриваемая система описывается с помощью n параметров, то равенство $\mathrm{v} = \mathrm{const}$ задает семейство замкнутых поверхностей в n–мерном пространстве [5].

Рассмотрим систему дифференциальных уравнений вида

$$\frac{dx_i}{d\tau} = \underline{X}_i\left(x_1,\ x_2,\ldots,\ x_n\right),\ \text{где}\ \ i = 1,2,3,\ldots,n. \qquad (5)$$

Предположим, что начало координат является особой точкой, а функция $\mathrm{v}\left(x_1,\ x_2,\ x_3,\ldots x_n\right)$ обладает свойствами [4,6,7]:

- v и ее первые частные производные непрерывны в области D;
- вне начала координат v положительна и равна нулю только в начале координат.

Тогда производная функция v по времени определится выражением

$$\frac{d\mathrm{v}}{d\tau} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial \mathrm{v}}{\partial x} \cdot \frac{\partial x_i}{\partial \tau} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial \mathrm{v}}{\partial x_i} \underline{X}_i = W\left(x_1, x_2, \ldots, x_n\right).$$

Здесь функция $\mathrm{v}\left(x_1, x_2, \ldots x_n\right)$ называется функцией Ляпунова. Если $\frac{d\mathrm{v}}{d\tau} = W\left(x_1, x_2, \ldots \mathrm{x}_n\right) \le 0$ в области D и функция $-\frac{d\mathrm{v}}{d\tau} = -W\left(x_1, \ldots, x_n\right)$ положительно определена в области D, то тогда устойчивость является асимптотической [2]. Применяя это условие к конкретной системе, иногда сталкиваемся с определенными трудностями, поскольку метод не дает способа определения таких функций. Он только устанавливает, что если существует такая функция, то условие устойчивости выполняется [4-6].

Рассмотрим уравнение вида

$$\frac{d^2x}{d\tau^2} + f\left(x\right)\frac{dx}{d\tau} + g\left(x\right) = 0. \qquad (6)$$

Пусть $f\left(x\right)$ и $g\left(x\right)$ являются многочленами, причем $f\left(x\right)$ – четным, а $g\left(x\right)$ - нечетным. Будем считать, что функция $g\left(x\right)$ монотонно возрастает с ростом x.

Введем интегральные функции вида

$$F\left(x\right) = \int_0^x f\left(x\right)dx; \quad G\left(x\right) = \int_0^x g\left(x\right)dx.$$

Здесь функция $F(x)$ является нечетной, а $G(x)$– четной и $F(0)=G(0)=0.$ Вместо уравнений (6) рассмотрим эквивалентную систему [3,8]

$$\frac{dx}{d\tau}=y-F(x),\quad \frac{dy}{d\tau}=-g(x). \tag{7}$$

Очевидно, начало координат является особой точкой для этой системы. Функцию Ляпунова удобно принять в виде [1]

$$\mathrm{v}(x,y)=\frac{1}{2}y^2+G(x), \tag{8}$$

что соответствует полной энергии системы при $f(x)=0,$ т.е. когда в системе отсутствует затухание.

Тогда будем иметь

$$\frac{d\mathrm{v}}{d\tau}=-g(x)\cdot F(x). \tag{9}$$

Следовательно, если $g(x)F(x)\le 0$ в некоторой области D, содержащей начало координат, то начало координат является устойчивой особой точкой.

Теперь рассмотрим систему дифференциальных уравнений вида

$$\begin{cases}\dfrac{dx}{d\tau}=-x-y+\left(x^2+y^2\right)x,\\[2mm] \dfrac{dy}{d\tau}=-x-y+\left(x^2+y^2\right)y.\end{cases} \tag{10}$$

Пренебрегая нелинейными членами, будем иметь

$$\frac{dx}{d\tau}=-x-y,\quad \frac{dy}{d\tau}=x-y.$$

Поскольку корни характеристического уравнения этой системы равны $-1\pm i,$ то начало координат является асимптотически устойчивым фокусом.

Примем функцию Ляпунова в виде [1]

$$\mathrm{V}(x,y)=\frac{1}{2}\left(ax^2+2\beta xy+\gamma y^2\right), \tag{11}$$

$$\dot{\mathrm{V}}=-x^2-y^2. \tag{12}$$

Здесь коэффициенты α,β,γ определяются из условия

$$\frac{dx}{d\tau}=a_1x+a_2y,\quad \frac{dy}{dt}=b_1x+b_2y. \tag{13}$$

Тогда характеристическое уравнение, имеющее вид

$$(a_1-\lambda)(b_2-\lambda)-a_2b_1=0,$$

будет иметь два корня с отрицательными действительными частями:

$$a_1+b_2<0 \text{ и } a_1b_2-a_2b_1>0.$$

Из (11) и (13) получаем

$$\frac{d\mathrm{v}}{d\tau}=(\alpha x+\beta y)(a_1x+a_2y)+(\beta x+\gamma y)(b_1x+b_2y). \tag{14}$$

Сравнение (12) и (14) дает

$$\begin{cases}a_1\alpha+b_1\beta=-1,\\ a_2\alpha+(a_1+b_2)\beta+b_1\gamma=0,\\ \alpha_2\beta+\gamma b_2=-1.\end{cases} \tag{15}$$

Решая систему уравнений относительно α,β и γ, получим

$$\alpha = -\frac{(a_1 b_2 - a_2 b_1) + b_2^2 + b_1^2}{(a_1 + b_2)(a_1 b_2 - a_2 b_1)},$$

$$\beta = \frac{a_1 b_1 + a_2 b_2}{(a_1 + b_2)(a_1 b_2 - a_2 b_1)}, \qquad (16)$$

$$\gamma = -\frac{(a_1 b_2 - a_2 b_1) + a_1^2 + a_2^2}{(a_1 + b_2)(a_1 b_2 - a_2 b_1)}.$$

Тогда

$$\mathrm{v}(x, y) = \frac{1}{2}\left(x^2 + y^2\right).$$

Применяя функцию Ляпунова к исходной системе (10), будем иметь

$$\dot{\mathrm{v}} = x\left[-x - y + \left(x^2 + y^2\right)x\right] + y\left[x - y + \left(x^2 + y^2\right)y\right] = r^2\left(r^2 - 1\right),$$

где $r^2 = x^2 + y^2$.

Следовательно, при $r < 1$ все траектории уравнений (10) с ростом времени τ по спирали приближаются к началу координат. А при $r > 1$ эта траектория раскручивается снаружи от окружности $r = 1$. Отсюда приходим к выводу, что система (10) имеет одну устойчивую точку в начале координат и один неустойчивый предельный цикл в виде окружности $r = 1$.

Если все характеристические показатели системы имеют отрицательные действительные части, то вариации решений с ростом времени стремятся к нулю. Если же хотя бы один характеристический показатель имеет положительную действительную часть, то вариации с ростом времени τ увеличиваются. Следовательно, если все характеристические показатели уравнения в вариациях соответствующего периодического решения имеют отрицательные действительные части, то решение асимптотически устойчиво, если же хотя бы один характеристический показатель имеет положительную часть, то решение неустойчиво.

В качестве примера рассмотрим уравнение вида

$$\frac{d^2\mathrm{v}}{d\tau^2} + f\left(\mathrm{v}, \frac{\partial \mathrm{v}}{\partial \tau}\right) = e(\tau), \qquad (17)$$

где $e(\tau + \tau_0) = e(\tau)$.

Основываясь на теории Флоке, исследуем устойчивость периодического решения уравнения (17). Пусть это решение выражено в виде

$$\mathrm{v}(\tau) = \mathrm{v}_0(\tau), \qquad (18)$$

где $\mathrm{v}_0(\tau + n\tau_0) = \mathrm{v}_0(\tau)$; n – положительное целое число.

Если обозначить через η малое отклонение от этого периодического решения, то подстановка $\mathrm{v}_0(\tau) + \eta$ вместо $\mathrm{v}(\tau)$ в уравнение (17) приводит к уравнению

$$\ddot{\eta} + \left(\frac{\partial f}{\partial \dot{\mathrm{v}}}\right)\dot{\eta} + \left(\frac{\partial f}{\partial \mathrm{v}}\right)\eta = 0. \qquad (19)$$

Так как коэффициенты при η и $\dot{\eta}$ являются периодическими функциями τ, то уравнение (19) можно представить в виде

$$\ddot{\eta} + F(\tau)\dot{\eta} + G(\tau)\eta = 0. \qquad (20)$$

Вводя новую переменную ξ, определяемую выражением

$$\eta = \left\{\exp\left[-\frac{1}{2}\int F(\tau)\,d\tau\right]\right\}\xi, \qquad (21)$$

и исключая из (20) слагаемое с первой производной, получим

$$\ddot{\xi} + \left\{G(\tau) - \frac{1}{2}\frac{dF}{d\tau} - \frac{1}{4}\left[F(\tau)\right]^2\right\}\xi = 0. \qquad (22)$$

Здесь коэффициент при ξ является периодической функцией τ и может быть разложен в ряд Фурье.

Согласно теории Флоке [8], можно выбрать такое частное решение $h(\tau)$, чтобы

$$h(\tau+T)=mh(\tau), \tag{23}$$

где T – основной период ряда Фурье, а m – характеристический множитель.

Если $\xi_1(\tau)$ и $\xi_2(\tau)$ – линейно независимые решения, удовлетворяющие начальным условиям

$$\xi_1(0)=0,\ \ \dot{\xi}_1(0)=0,$$
$$\xi_2(0)=0,\ \ \dot{\xi}_2(0)=0,$$

то тогда

$$m^2-\left[\xi_1(T)+\dot{\xi}_2(T)\right]m+1=0. \tag{24}$$

Характеристический множитель m, согласно определению, связан с характеристическим показателем μ соотношением $m=e^{\mu T}$, так что

$$\mathrm{ch}\mu T=\frac{1}{2}\left[\xi_1(T)+\dot{\xi}_2(T)\right]. \tag{25}$$

Произведение μT может быть действительным, мнимым или комплексным, но мнимая часть его должна иметь вид πn, где n – целое число. Тогда общее решение уравнения (22) можно представить в виде

$$\xi(\tau)=c_1e^{\mu\tau}\cdot\varphi(\tau)+c_2e^{-\mu\tau}\varphi(-\tau), \tag{26}$$

где μ можно считать действительной или мнимой (но не комплексной), а $\varphi(\tau)$ и $\varphi(-\tau)$ – периодическими функциями от τ с периодом T или $2T$. Следует отметить, что два характеристических показателя в решении (26) имеют противоположные знаки.

Из решения (21) и (26) видно, что отклонение η с ростом τ стремится к нулю, и если действительные части выражений $\delta\pm\mu$ положительны, где 2δ - постоянный член ряда для $F(\tau)$, то соответствующее периодическое решение асимптотически устойчиво. И напротив, если хотя бы одна из действительных частей $\delta\pm\mu$ положительна, то отклонение η с ростом τ неограниченно возрастает, и соответствующее периодическое решение неустойчиво [8-10].

Таким образом, для установления критерия устойчивости необходимо вычислить характеристический показатель в (26).

В качестве уравнения вида (22) большой интерес представляет уравнение Матье. Следуя Уиттекеру [8,10], уравнение Матье можно представить в виде

$$\frac{d^2x}{d\tau^2}+(a+16q\cos 2\tau)x=0, \tag{27}$$

где a и q предполагаются действительными.

Уравнение (27) является частным случаем линейного уравнения второго порядка с периодическими коэффициентами, где применена теория Флоке. Частные решения уравнения (27) будет иметь вид [10,11]

$$x=e^{\mu\tau}\cdot\varphi(\tau),$$

где μ – характеристический показатель, зависящий от a и q, а $\varphi(\tau)$ - периодическая функция τ с периодом π или 2π.

Общее решение уравнения (27) может быть представлено в виде

$$x=c_1e^{\mu t}\varphi(\tau)+c_2e^{-\mu\tau}\varphi(-\tau), \tag{28}$$

где c_1 и c_2 - произвольные постоянные.

Поскольку $\varphi(\tau)$ и $\varphi(-\tau)$ в (28) периодичны по τ, устойчивость будет зависеть от $e^{\mu\tau}$ или от μ. Рассматривая решение в виде (28), где $\varphi(\tau)$ имеет период π или 2π, можно считать, что характеристический показатель μ принимает действительное или чисто мнимое значение. Следовательно, решение (28) неустойчиво, если μ действительное, и устойчиво, если μ мнимое.

Теперь рассмотрим субгармонические колебания с частотой $1/\nu\,(\nu = 2,3,4,...)$. Эти колебания принадлежат к типу нелинейных колебаний, встречающихся в различных областях техники и физических наук [5, 8-13].

Пусть основное уравнение имеет вида

$$\frac{d^2\nu}{d\tau^2} + 2\delta\frac{d\nu}{d\tau} + f(\nu) = B\cos\nu t\,, \tag{29}$$

где $2\delta-$ коэффициент затухания, а $f(\nu)-$ член, характеризующий нелинейную восстанавливающую силу.

Заметим, что, поскольку период внешней силы равен $2\pi/\nu$, то субгармоническое колебание порядка $\frac{1}{\nu}$ будет иметь период 2π и может быть представлено в виде линейной комбинации функции $\sin\tau$ и $\cos\tau$. Исследуем соотношение между нелинейной характеристикой, представленной членом $f(\nu)$ и порядком $1/\nu$. Для исследования этого вопроса пусть полином восстанавливающей силы имеет вид

$$f(\nu) = c_1\nu + c_2\nu^3 + c_3\nu^3 + ..., \tag{30}$$

где c_1, c_2, c_3- постоянные, определяемые нелинейной характеристикой. На эти постоянные наложено условие

$$c_1 + c_2 + c_3 + ... = 1. \tag{31}$$

Периодическое решение уравнения (29) примем в виде

$$v_0 = z + x\sin\tau + y\cos\tau + w\cos\nu\tau\,, \tag{32}$$

где рассматриваются наиболее важные члены, определяющие постоянную составляющую z, субгармоническое колебание $x\sin\tau + y\cos\tau$ и колебание $w\cos\nu\tau$, имеющее частоту внешней силы.

Следуя Мандельштаму и Папалекси [6, 7], амплитуда w можно аппроксимировать выражением

$$w = \frac{1}{1-\nu^2}B. \tag{33}$$

Соотношение (33) дает достаточно хорошую аппроксимацию даже тогда, когда отклонение от нелинейности велико. При подстановке (32) в (29) и приравнивании нулю коэффициентов при $\sin\tau$ и $\cos\tau$ получим следующие результаты в зависимости от вида нелинейных характеристик (30).

Случай 1. Нелинейность определяется выражением

$$f(\nu) = c_1\nu + c_3\nu^3.$$

В этом случае нелинейность симметрична, поскольку $f(\nu)$ нечетна, постоянный член z в (32) обычно отбрасывается, и подстановка при $\nu = 2,4,5$ приводит к уравнениям

$$\begin{cases}\left[1 - \frac{3}{4}\left(x^2 + y^2\right) - \frac{3}{2}w^2\right]x + ky = 0,\\ \left[1 - \frac{3}{4}\left(x^2 + y^2 - \frac{3}{2}w^2\right)\right]y - kx = 0,\end{cases} \tag{34}$$

где $k = 2\delta/c_3$. Умножая первое уравнение на y, второе на x и вычитая второе из первого, получим

$$k\left(x^2+y^2\right)=0\,.$$

Это означает, что при наличии затухания (т.е. $k\neq 0$) амплитуда субгармонических колебаний равна нулю [10-12].

Следовательно, в этом случае субгармонические колебания порядка $1/2,\ 1/4,1/5,...$ не могут иметь места.

Случай 2. Нелинейность определяется выражением

$$f\left(\mathrm{v}\right)=c_1\mathrm{v}+c_3\mathrm{v}^5.$$

Хотя в разложении $f\left(\mathrm{v}\right)$ $c_3\mathrm{v}^3$ отсутствует, субгармонические колебания порядка $1/3$ в данном случае возможны. В этом случае также поддерживаются субгармоники порядка $1/5$. На основание этого можно заключить, что наличие в (30) члена $c_\nu v^\nu$ желательно для возникновения субгармоники порядка $1/\nu$. Можно также сделать вывод, что субгармонические колебания порядка $1/\nu$ не возникают в тех случаях, когда наибольший показатель степени нелинейных членов в (30) меньше ν. Определенный интерес представляют колебания порядка $1/3$ в системе, описываемой дифференциальным уравнением [9,13]

$$\frac{d^2\mathrm{v}}{d\tau^2}+2\delta\frac{d\mathrm{v}}{d\tau}+c_1\mathrm{v}+c_3\mathrm{v}^3=B\cos 3\tau. \tag{35}$$

Вначале пусть $\delta=0$, тогда уравнение (35) примет вид

$$\frac{d^2\mathrm{v}}{d\tau^2}+c_1\mathrm{v}+c_3\mathrm{v}^3=B\cos 3\tau\,. \tag{36}$$

Заметим, что $c_1+c_3=1.$

Периодическое решение (36) примем в виде

$$\mathrm{v}_0=x\sin\tau+y\cos\tau+w\cos 3\tau\,, \tag{37}$$

где в силу (33) имеем

$$w=\frac{1}{1-3^2}B=-\frac{1}{8}B\,.$$

При подстановке (37) в (36) и приравнивании нулю отдельно коэффициентов при членах, содержащих $\sin\tau$ и $\cos\tau$, получим

$$\begin{cases}\left[1-\dfrac{3}{4}\left(x^2+y^2\right)-\dfrac{3}{2}w^2\right]x=-\dfrac{3w}{4}2xy,\\ \left[1-\dfrac{3}{4}\left(x^2+y^2\right)-\dfrac{3}{2}w^2\right]y=-\dfrac{3w}{4}\left(x^2-y^2\right).\end{cases} \tag{38}$$

Умножая первое уравнение на y, второе на x и выполняя вычисление, получим

$$x=0\ \text{ или }\ x=\pm\sqrt{3}\cdot y\,.$$

Для $x=0, y\neq 0$ имеем

$$y^2+wy+2w^2-\frac{4}{3}=0. \tag{39}$$

На рис.2 изображена дуга эллипса, соответствующего этому уравнению, где показана связь между амплитудой w (которая пропорциональна внешней силе) и амплитудой y. Выведем условия устойчивости, описываемых уравнением (39). Рассмотрим отклонение η от состояния равновесия, для которого справедливо уравнение

$$\frac{d^2\eta}{d\tau^2}+\left(c_1+3c_3v_0^2\right)\eta=0.$$

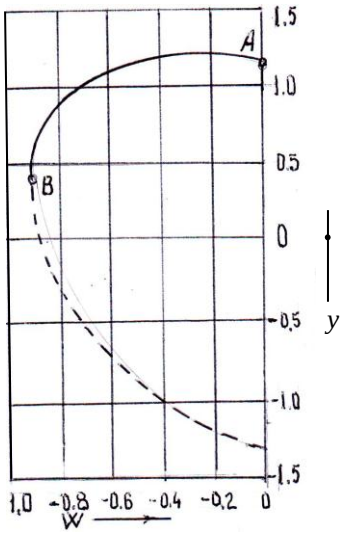


Рис.2. Амплитудная характеристика субгармоники 1/3 кубической нелинейности

Подставив в это уравнение периодическое решение, определяемое равенством $v_0 = y\cos\tau + w\cos 3\tau$, получим уравнение типа Хилля [11]:

$$\frac{d^2\eta}{d\tau^2}+\left(\theta_0+2\sum_{n=1}^{3}\theta_n\cos 2n\tau\right)\eta=0, \qquad (40)$$

где $\theta_0 = c_1+\frac{3}{2}c_3\left(y^2+w^2\right)$; $\theta_2=\frac{3}{2}c_3wy$, $\theta_1=\frac{3}{4}c_3\left(y^2+2wy\right)$, $\theta_3=\frac{3}{4}c_3w^2$.

Условие устойчивости в случае недиссипативной системы получается из неравенства

$\left(\theta_0-n\right)^2+2\left(\theta_2+n^2\right)\delta^2+\delta^4>\theta_n^2$, $n=1,2,3,...$

При $n=1$ это условие соответствует отсутствию нарастания неустойчивых колебаний. С учетом (39) и (40) это условие приводится к виду

$$2y>-w. \qquad (41)$$

Отсюда следует, что состояние равновесия, представленное на рис.2 пунктирной линией, является неустойчивым.

Выводы. В работе приведены результаты аналитических исследований устойчивости нелинейных систем, которые содержат методы итерации, усреднения и гармонического баланса.

Показано, что условие устойчивости можно установить с помощью начальных параметров и результататов приближенных решений нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих колебания нелинейных систем. Проведен анализ исследования устойчивости нелинейных систем с основными частотами внешних сил и с частотами субгармоники в зависимости от ее порядка.

Рассмотрены переходные процессы установления гармонических колебаний и проанализирована устойчивость состояний равновесия, соответствующих особым точкам на фазовой плоскости.

Литература

1. **Ляпунов А.М.** Общая задача об устойчивости движения. - М., Л., 1950. – 253 с.
2. **Летов А.М.** Устойчивость нелинейных систем регулирования.-М.: Гостехиздат, 1962. – 163 с.
3. **Стокер Дж.** Нелинейные колебания в механических и электрических системах.- М.: ИЛ, 1952. - 216 с.
4. **Крылов Н.М., Боголюбов Н.Н.** Введение в нелинейную механику. - М.: ИЛ, 1961. - С. 51-72.
5. **Четаев Н.Г.** Устойчивость движения. - М.: Наука, 1965. – 176 с.
6. **Мандельштам Л.И.** Полное собрание трудов. - М., 1952. – 546 с.
7. **Папалекси Н.Д.** Сборник трудов. - М., 1950. – 426 с.
8. **Floquet G.** Sur les equations differentialles liniares a coefficients periodiques // Ann. Ecole Norm. Supper. - 1983. - 2-12. – P. 47-88.
9. **Геворгян А.В., Шекян Г.Г.** К вопросу вынужденных колебаний в системах с нелинейно–восстанавливающей силой // Вестник НПУА: Механика, машиноведение, машиностроение. – Ереван, 2018. - №1. - С.27-37.
10. **Hayashi C.** Subharmonic oscillation in nonlinear systems // J. Appl. Phys. – 1953. -24.-P. 521-529.
11. **Hill G.W.** On the part of the motion of the lunar perigee // Acta Math. – 1886. – 8. – P. 1-36.
12. **Малкин И.Г.** Некоторые задачи теории нелинейных колебаний. – М.: Гостехиздат, 1956. – 218 с.
13. **Меркин Д.Р.** Введение в теорию устойчивости движения. – М.: Наука, 1987. – 304 с.

15.03.2019.

Հ.Գ. Շեկյան

ՈՉ ԳԾԱՅԻՆ ՏԱՏԱՆՈՂԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Աշխատանքն ուղղված է ոչ գծային տատանողական համակարգերի կայունության հարցերի ժամանակակից անալիտիկ տեսական ուսումնասիրությունների զարգացմանը: Քանի որ ոչ գծային տատանողական համակարգերը նկարագրող հավասարումները չունեն ճշգրիտ լուծումներ, ուստի բավարարվել ենք մոտավոր լուծումների արդյունքներով, որոնք տալիս են բավարար տեղեկություններ համակարգի կայունության մասին: Բերված են այն անալիտիկ եղանակները, որոնք ընդգրկում են իտերացիայի, միջինացման և հարմոնիկ հավասարակշռման եղանակները: Ցույց է տրված, որ կայունության պայմանները կարելի է ստանալ համակարգի պարամետրերի միջոցով, որոնք մտնում են լուծումների մեջ: Այդ պարամետրերը սահմանում են ոչ միայն հիմնական հաճախականությամբ համակարգերի կայունությունը, այլ նաև այն համակարգերի, որոնք տատանվում են ենթահարմոնիկ հաճախականություններով:

Առանցքային բառեր. *կայունություն, ոչ գծային համակարգեր, վիճակի հարթություն, ասիմպտոտիկ կայունություն, հատուկ կետեր, ինտեգրալ կորեր:*

H.G. Shekyan

ON THE STABILITY OF NONLINEAR OSCILLATORY SYSTEMS

The work is aimed at the development of modern methods for analyzing the stability of nonlinear systems. Since the equation nonlinear oscillations do not have exact solutions, we are satisfied with approximate solutions that provide sufficient information about stability. Analytical methods are presented that contain methods of iteration, averaging and harmonic balance. It is shown that the stability conditions can be determined using the system parameters decision. These parameters establish not only the stability of the system with the main part, but also systems with subharmonic frequencies.

Keywords: *stability, nonlinear systems, state plane, asymmetric stability, singular points, integral curves.*

Шекян Гамлет Гургенович – д.т.н., профессор, ведущий науч. сотрудник Института механики НАН РА

УДК 539.3 МАШИНОСТРОЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ

М.В. Белубекян, М.Г. Саргсян, И.М. Саргсян

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЯМОУГОЛЬНОГО АКТЮАТОРА БИМОРФНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПОПЕРЕЧНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Рассматриваются две задачи: обобщенное плоское напряженное состояние и изгиб пьезоэлектрической пластины биморфной конструкции, находящейся под действием электрического поля, вектор напряженности которого перпендикулярен поверхности пластины. Решены ряд задач для случаев консольного, а также шарнирного закрепления по двум краям биморфной пьезопластины, поверхность которой полностью либо частично электродирована. В указанных задачах получены окончательные выражения зависимостей величин перемещений от значения вектора напряженности поля.

Ключевые слова: *пьезоматериал, биморфная конструкция, напряженность электрического поля, электродированная поверхность, прямоугольная пластина, актюатор, линейное перемещение, прогиб.*

Введение. В современных механизмах микроперемещений в качестве привода эффективно используются пьезоэлектрические приводы (актюаторы), что позволяет значительно уменьшить размеры создаваемых устройств. В качестве исполнительных элементов (актюаторов) широко применяются пьезоматериалы, выполненные в виде стержней, дисков, прямоугольных пластин, работающих под воздействием электрического поля на растяжение – сжатие, изгиб, сдвиг [1].

Преимущества пьезоэлементов перед известными механическими системами очевидны:

- малые габариты;
- способность обеспечить микроперемещения;
- высокая точность позиционирования;
- быстродействие;
- работа в статическом и динамическом режимах;
- стабильность работы при повышенных температурах;
- высокая прочность.

Постановка задачи. Рассматривается прямоугольная пьезоэлектрическая пластина биморфной конструкции (рис. 1).

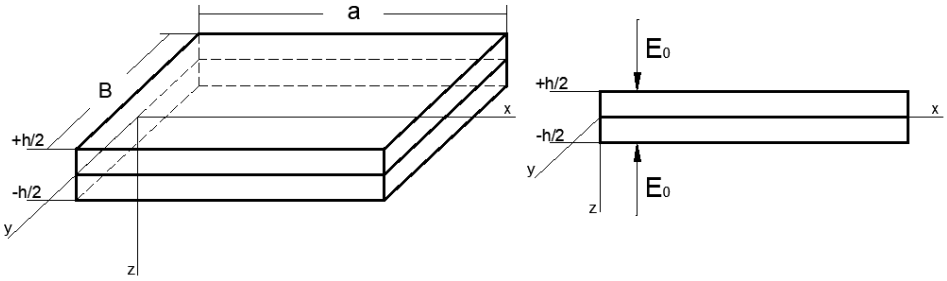


Рис. 1. Пьезопластина биморфной конструкции в поперечном электрическом поле

Вектор напряжённости электрического поля - E_0 направляем перпендикулярно поверхности биморфа.

В работах [2 - 5] приведены основные уравнения обобщенного плоского напряженного состояния и изгиба биморфной пьезоэлектрической пластины.

1. Уравнения обобщенного плоского напряженного состояния:

$$C\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{1+\nu}{2}\frac{\partial^2 v}{\partial x\partial y}+\frac{1-\nu}{2}\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)+\frac{\partial T_e}{\partial x}=2\rho h\frac{\partial^2 u}{\partial t^2},$$
$$C\left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}+\frac{1+\nu}{2}\frac{\partial^2 u}{\partial x\partial y}+\frac{1-\nu}{2}\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}\right)+\frac{\partial T_e}{\partial y}=2\rho h\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \quad (1.1)$$

где $\alpha_e=\frac{\mathrm{E}\nu'}{E'(1-\nu)}e_{33}-e_{31}$ или $T_e=\alpha\int_{-h}^{h}E_0dz$, $\alpha_e=\frac{C_{13}}{C_{13}}$.

Здесь T_e – продольная сила, обуславливающая действие электрического поля; ρ – плотность пьезоматериала; $C=\frac{2Eh}{1-\nu^2}-$ жесткость пьезопластины на растяжение; C_{ij} – пьезоконстанты; E – модуль упругости пьезокерамики; ν – коэффициент поперечной деформации.

На основании уравнений (1.1) решены две задачи для биморфной пластины – полосы при статическом действии электрического поля.

Задача 1. Пластина – полоса жестко защемлена левым краем, поверхность полностью электродирована (рис.2).

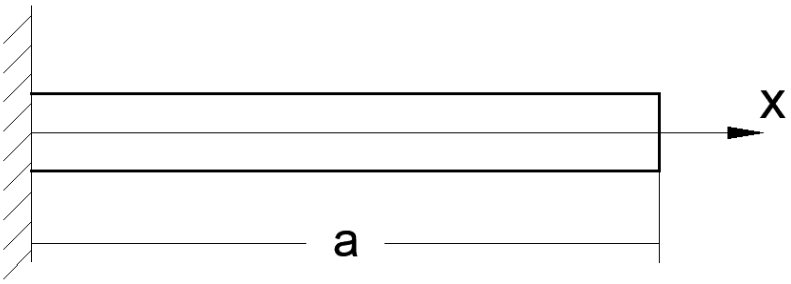


Рис.2. Консольная пьезопластина с полностью электродированной поверхностью

В этом случае граничные условия имеют вид

$$U=0,\nu=0 \text{ при } x=0,$$
$$T=0, S=0 \text{ при } x=a. \quad (1.2)$$

Используя (1.2), зависимость продольных перемещений от напряженности электрического поля имеет вид

$$U=-\frac{2h\alpha_e E_0}{c}x. \quad (1.3)$$

Задача 2. Рассматривается случай частично электродированной поверхности (рис.3).

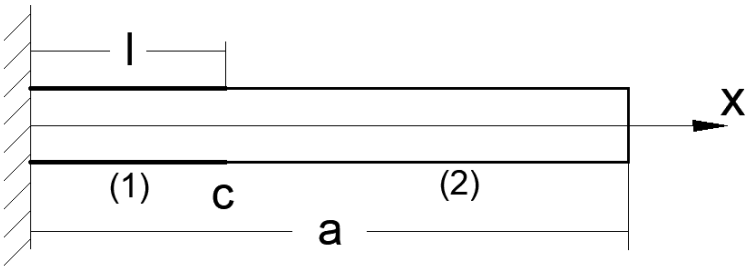


Рис.3.Консольная пьезопластина с частично электродированной поверхностью

В этом случае вектор напряженности электрического поля представляется в виде

$E_z = E_0 f(x)$, где

$$f(x)=\begin{cases}1 \text{ при } 0\le x\le l,\\ 0 \text{ при } l\le x\le a,\end{cases} \quad (1.4)$$

$$T_e = \alpha_e \int_{-h}^{+h} E_z f(x) dz = 2h\alpha_e E_z f(x).$$

При граничных условиях (1.2) продольные перемещения имеют вид

$$U = -\frac{2h\alpha_e E_0}{c} l. \tag{1.5}$$

Выражения (1.3), (1.5) позволяют определить продольные перемещения в пьезостержнях, работающих на растяжение – сжатие.

2. Уравнения изгибных деформаций биморфной пьезопластины на основе уравнения изгиба:

$$-D\Delta^2 W + q_+ + q_- + \Delta M_e = 2\rho h \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}, \tag{2.1}$$

где $D = \frac{2Eh^3}{3(1-\nu^2)}$ – цилиндрическая жесткость пьезобиморфа.

2.1. Рассматривается случай цилиндрического изгиба в статическом решении работы. Уравнение (2.1) принимает вид

$$\frac{d^4 W}{dx^4} = 0, \tag{2.2}$$

решение которого ищем в виде

$$W = C_0 + C_1 x + C_2 x^2 + C_3 x^3. \tag{2.3}$$

На основании (2.3) рассмотрены ряд задач, которые могут иметь практическое применение.

Задача 3. Рассматривается пьезопластина – полоса с защемленным левым краем, а по краям y=0, $y=b$ – скользящий контакт (рис.1,2).

Удовлетворяя граничным условиям:

а) $W = 0$ $u \frac{\partial W}{\partial x} = 0$ при $x = 0$, (2.4)

в уравнении (2.3) получаются $c_0 = 0$, $c_1 = 0$, а на свободном крае имеем:

б) при $x = 0$ перерезывающая сила $N_1 = 0$, т.е.

$$D\frac{\partial^3 W}{\partial x^3} = 0, \; -D6C_3 = 0, \; C_3 = 0. \tag{2.5}$$

Изгибающий момент на свободном краю M_1=0, т.е.

$$-D\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + M_e = 0. \tag{2.6}$$

С учетом уравнения (2.3) и выражения (2.5) получаем

$$C_2 = \frac{\alpha_e E_0 h^2}{2D}. \tag{2.7}$$

Окончательное выражение уравнения прогибов для рассматриваемой консольной пьезопластины имеет вид

$$W = \frac{\alpha_e E_0 h^2}{2D} x^2. \tag{2.8}$$

С учетом ранее принятых обозначений физических констант для пьезоматериала выражение (2.8) представляется в удобном для численных расчетов виде:

$$w = \frac{3}{4} \frac{c_{13} e_{33} - c_{33} e_{31}}{c_{11} c_{33} - c_{13}^2} \frac{E_0}{h} x^2, \tag{2.9}$$

h = 0.6 • 10^{-3} *м* – толщина биморфа; a = 30 • 10^{-3} *м* – длина биморфа.

Численный пример. В качестве пьезоматериала выбран титанат бария со следующими пьезоконстантами (см. табл).

Таблица

Физико-механические характеристики пьезоматериала

$C_{11}\left[\frac{Н}{м^2}\right]$	$C_{13}\left[\frac{Н}{м^2}\right]$	$C_{33}\left[\frac{Н}{м^2}\right]$	$C_{12}\left[\frac{Н}{м^2}\right]$	$e_{33}\left[\frac{Кл}{м^2}\right]$	$e_{31}\left[\frac{Кл}{м^2}\right]$
*16,8 * 10^{10}*	*7,1 * 10^{10}*	*18,9 * 10^{10}*	*7,82 * 10^{10}*	*1598*	*-2,35*

Принимая W = 1 • 10^{-3} *м*, пользуясь выражением (2.9) при x = a и физическими величинами из таблицы, необходимая напряженность электрического поля будет E_0 = 240 • 10^3*В/м.*

Задача 4. Цилиндрический изгиб консольной биморфной пластины с частичным электродом (рис.3). Напряженность электрического поля меняется по закону

$$E_0(x) = \begin{cases} E_1, 0 \le x \le c, \\ 0, c \le x \le a. \end{cases}$$

Уравнение изгиба (2.2) имеет вид

$$W_1^{IV} = 0 \quad \text{на участке } 0 \le x \le c, \qquad (2.10)$$
$$W_2^{IV} = 0 \quad \text{на участке} c \le x \le a.$$

Граничные условия имеют вид

при $x = 0$ - $W_1 = 0$, $W_1' = 0$, (2.11)
при $x = a$ - $W_2'' = 0$, $W_2''' = 0$.

Учитывая условия(2.11), выражения прогибов на участках $0 \le x \le c$ и $c \le x \le a$ соответственно имеют вид

$$W_1 = -\frac{1}{2}R_e x^2 \quad \text{при } 0 \le x \le c, \qquad (2.12)$$
$$W_2 = R_e c^2\left(\frac{x}{c} - \frac{1}{2}\right) \quad \text{при } 0 \le x \le c,$$

где

$$R_e = \frac{3(1+\nu)}{4h^3}\alpha_e \int_{-h/2}^{h/2} E_z dz = \frac{3(1+\nu)}{16h}\alpha_e E_0. \qquad (2.13)$$

Задача 5. Цилиндрический изгиб шарнирно закрепленной по краям пьезопластины, поверхность которой электродирована частично (рис. 4).

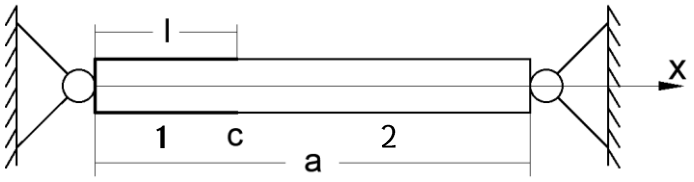


Рис. 4. Пьезобиморфная пластина с шарнирным закреплением по краям

На рисунке l – длина электрода.

Уравнения изгиба (2.2) для участков 1 и 2 имеют вид

$$W_1^{IV} = 0 \text{ на участке } 0 \le x \le l, \qquad (2.14)$$
$$W_2^{IV} = 0 \text{ на участке } l \le x \le a.$$

Граничные условия имеют вид:

1) при $x = 0$ - $W_1 = 0, M_{x1} = 0,$
2) при $x = a$ - $W_2 = 0, M_{x2} = 0,$ (2.15)

3) условия стыковки:
при $x = a$ -$W_1 = W_2, W_1' = W_2'$,

$M_{x1} = M_{x2}$, следовательно, $W_1'' + R_c = W_2''$,

$N_{x1} = N_{x2}$ или $W_1''' = W_2'''$.

Решение дифференциальных уравнений (2.14) представляется в виде

$$W_1 = A_1 + B_1 x + C_1 x^2 + D_1 x^3,$$
$$W_2 = A_2 + B_2 x + C_2 x^2 + D_2 x^3. \quad (2.16)$$

Коэффициенты уравнений определяются из граничных условий (2.15) и имеют вид

$$B_1 = R_e l\left(1 - \frac{l}{2a}\right), \qquad C_1 = -\frac{1}{2}R_e,$$
$$A_2 = \frac{R_e}{2}l^2, \qquad B_2 = -\frac{R_e}{2}\frac{l^2}{a}. \quad (2.17)$$

Окончательные выражения прогибов для каждого участка имеют вид

$$W_1 = B_1 x + C_1 x^2 = R_e\left[l\left(1 - \frac{l}{2a}\right)x - \frac{x^2}{2}\right],$$
$$W_2 = A_2 + B_2 x = \frac{1}{2}R_e l^2\left(1 - \frac{x}{a}\right). \quad (2.18)$$

Выводы. Представлены дифференциальные уравнения плоского напряженно-деформированного состояния и изгиба прямоугольной биморфной пьезоэлектрической пластины при действии поперечного электрического поля. Решены ряд задач, в которых получены зависимости линейных перемещений и прогибов от величины напряженности электрического поля. Полученные зависимости рассмотрены при различных закреплениях пьезопластин, поверхность которых может быть также частично электродирована. Представленные результаты могут быть использованы при проектировании пьезоэлектрических приводов (актюаторов) в прецизионных устройствах микроперемещений.

Литература

1. **Мэзон П.** Пьезоэлектрические кристаллы и их применение в ультразвуке. - М.: Изд-во Иностранной литры, 1962. – 592 с.
2. **Амбарцумян С.А., Белубекян М.В.** Некоторые задачи электромагнитоупругости пластин.-Ереван: Изд. ЕГУ, 1991. - 144 с.
3. **Белубекян М.В., Саноян Ю.Г., Саргсян М.Г.** Напряженно-деформированное состояние биморфной пьезоэлектрической пластинки в присутствии поперечного электрического поля // Сборник тезисов Международной конференции. – Степанакерт: Изд-во “Пизак плюс”, 2009. –С. 181-184.
4. **Саргсян И.М.** Напряженно-деформированное состояние пьезопластин при наличии внешнего электрического поля. – Ереван: Изд-во ЕГУ, 2009.
5. **Белубекян М.В., Саргсян М.Г.** Использование напряженно-деформированного состояния пьэзоактюатора, используемого в механизмах микроперемещений: Научный отчет GRANTEN-1598, A.N.S.E.F. 2009.

15.02.2019.

Մ.Վ. Բելուբեկյան, Մ.Գ. Սարգսյան, Ի.Մ. Սարգսյան

ՊԻԵԶՈԷԼԵԿՏՐԻԿ ՈՒՂՂԱՆԿՅՈՒՆ ԲԻՄՈՐՖ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԻ ՇԱՐԺԱԲԵՐԻ (ԱԿՏՈՒԱՏՈՐ) ԱՌԱՁԳԱԿԱՆ ՏԵՂԱՓՈԽՈՒՄՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ՈՒՂՂԱՀԱՅԱՑ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԴԱՇՏՈՒՄ

Դիտարկվում է երկու խնդիր՝ ընդհանրացված հարթ լարվածային վիճակի և պիեզոէլեկտրիկ սալի ծռման բիմորֆ կառուցվածքի, էլեկտրական դաշտի ազդեցության տակ գտնվող, որի լարվածության վեկտորը ուղղահայաց է սալի դիմային մակերևույթին: Լուծված են խնդիրներ բարձակի, նաև երկու կողմերը հոդակապորեն ամրակցված բիմորֆ սալի, որը լրիվ կամ մասնակի էլեկտրականորեն լիցքավորված է: Ստացված են վերջնական բանաձևեր էլեկտրական դաշտի լարվածությունից տեղափոխությունների կախվածության վերաբերյալ:

Առանցքային բառեր. *պիեզոնյութ, բիմորֆ ուղղանկյուն սալ, շարժաբեր, առաձգական տեղափոխում:*

M.V. Belubekyan, M.G. Sargsyan, I.M. Sargsyan

INVESTIGATION OF ELASTIC DISPLACEMENTS OF A PIEZOELECTRIC RECTANGULAR ACTUATOR OF A BIMORPH STRUCTURE UNDER THE TRANSFERS OF ELECTRIC FIELD

Two tasks are considered: generalized plane stress condition and bending of piezoelectric plate of bimorph structure, which is under the action of an electric field, and whose intensity vector is perpendicular to the plate surface. A number of problems for console cases are solved, and also hinge fixing on two edges of bimorph piezoplate, the surface of which is fully or partially electrodated. In these tasks, final expression for the dependences of displacement values on the field strength vector value are obtained.

Keywords: *piezomaterial, bimorph structure, elastic field intensity, electrodated surface, rectangular plate, actuator, linear displacement, deflection.*

Белубекян Мелс Вагаршакович – канд. физ.-мат. наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт механики НАН РА
Саргсян Микаел Гарегинович – канд. техн. наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении,
Саргсян Инна Микаеловна - соискатель, Армяно-греческий колледж

ՀՏԴ 621.382.13

ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ, ԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ ԵՎ ԳԻՏԱԿԱՆ ՍԱՐՔԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ

Վ.Շ. Մելիքյան, Մ.Կ. Մարտիրոսյան

14 ՆԱՆՈՄԵՏՐԱՆՈՑ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՀԱՄԱՐ ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՍԽԵՄԱՆԵՐԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՆԱԽԱԳԾՄԱՆ ԿԱՆՈՆՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

Ներկայացված է ինտեգրալ սխեմաների (ԻՍ) նախագծման կանոնների մշակումը: Որոշվել է նվազագույն քանակի կանոնների ցանկը: Նախագծման կանոնների մշակումն իրականացվել է երկու մոտեցմամբ. օգտագործվել են ավելի բարձր տեխնոլոգիաներով մշակված բաց նախագծման հավաքածուներում եղած կանոնները, տարբեր գիտահետազոտական աշխատանքներում օգտագործված թվերը: Այդ նախագծման կանոնների օգտագործմամբ կատարվել է մի շարք թվային և անալոգային ԻՍ-երի ֆիզիկական նախագծեր: Կանոնները ստեղծվել են 14 նանոմետրանոց տեխնոլոգիայով ոչ արտադրական ԻՍ-երի ֆիզիկական նախագծերն իրականացնելու համար:

Առանցքային բառեր. *եռաչափ տրանզիստոր, նախագծման կանոններ, նախագծման հավաքածու, ֆիզիկական նախագիծ, մասնագիտացված նախագծման երթուղի:*

Ներածություն: Ժամանակակից ԻՍ-երում թվային և անալոգային հանգույցների ֆիզիկական նախագծերն իրականացվում են «Մասնագիտացված նախագծման երթուղու» և «Ավտոմատ նախագծման երթուղու» [1] միջոցով: Այդ երթուղիներով բուն նախագծման գործընթացն իրականացվում է պահանջների առաջադրմամբ, որին հաջորդում է սխեմատեխնիկական նախագծումը և օպտիմալացումը, այնուհետև կատարվում ֆիզիկական նախագծումը և ստացված նախագծի ստուգումը:

Ավտոմատ նախագծման ընթացքում օգտագործվում են պատրաստի գրադարաններ, որոնց պարունակության մեջ մտնում են թվային ստանդարտ բջիջների մոդելները: Մինչ այդ մոդելները ստեղծելը, անհրաժեշտ է կատարել վերջիններիս սխեմատեխնիկական և տոպոլոգիական նախագծերը: Սխեմատեխնիկական նախագծման ընթացքում Spice մոդելների միջոցով կատարվում է նմանակում՝ դիֆերենցիալ հավասարումների կազմում և լուծում, որի ընթացքում որոշվում են տրանզիստորների ֆիզիկական չափերը՝ հոսքուղու երկարությունը և լայնությունը:

Երկրաչափական չափերը պարզելուց հետո կատարվում է տոպոլոգիական նախագիծը: Այդ ընթացքում էլ լուծվում են այնպիսի խնդիրներ, ինչպիսիք են՝ նվազագույն մակերեսի զբաղեցումը, միջմիացումների համար այնպիսի ճանապարհների ընտրումը, որոնք հնարավորություն կտան ստանալ պարազիտային տարրերի հնարավորինս փոքր արժեքներ:

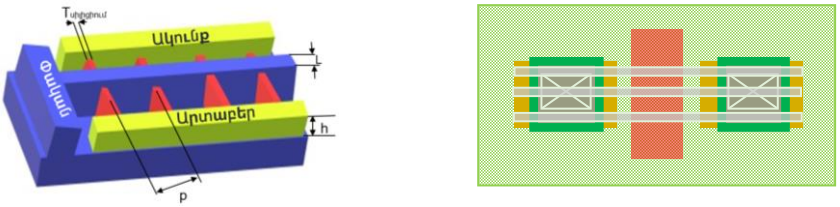
Դիմադրության որոշման բանաձևից հայտնի է, որ որքան հաղորդչի երկարությունը փոքր է, այնքան դիմադրության արժեքը փոքր կլինի: Իսկ ունակության բանաձևից հայտնի է, որ որքան հաղորդիչները միմյանցից հեռու են գտնվում և փոխծածկման մակերեսը փոքր է, այնքան ունակության արժեքը փոքր կլինի: Ֆիզիկական նախագծման ընթացքում այսպիսի խնդիրները հաշվի են առնվում, ինչպես նաև հաշվի են առնվում էլեկտրամիգրացիայի հետ կապված հարցերը ու նման այլ հարցեր, որոնք էական ազդեցություն կարող են թողնել որակական տեսանկյունից: Այդ խնդիրների լուծմանը զուգընթաց անհրաժեշտ է հետևել նախագծման կանոններին՝ պահպանել առանձին շերտերի միջև եղած նվազագույն հեռավորությունները, շերտերի նվազագույն մակերեսները և այլն: Սակայն քանի որ այդ կանոնների պահպանումն իրականացվում է մարդու կողմից, առաջանում է ստուգման խնդիրը: Այսպիսով, ցանկացած ինտեգրալ սխեմա, որը նախագծվել է նշված երթուղիներից որևէ մեկի միջոցով, դրա ֆիզիկական տեսքը պետք է ստուգվի:

Այս աշխատանքի ընթացքում մշակել են նախագծման կանոններ, որոնք համապատասխան ծրագրային գործիքի օգտագործման պարագայում հնարավորություն կտան ստուգել նախագծված տոպոլոգիաները:

Եռաչափ տրանզիստորներ: Չնայած ԿՄՕԿ տեխնոլոգիայի օգտագործման դեպքում ճիշտ օպտիմալացում կատարելիս ԻՍ-ում հնարավոր է ապահովել կիսահաղորդչային տարրերի բավականին մեծ խտություն և մեծ արագագործություն, այդուհանդերձ, դա ունի սահմանային արժեք: Այդ արժեքը հաղթահարելու համար առաջ են գալիս նոր մարտահրավերներ [2], որոնցից առանձնացվում են երկուսը՝

շեղման հոսանքի փոքրացումը և սարքից սարք եղած փոփոխության նվազեցումը:

Ամեն անգամ առաջ եկող մարտահրավերներին լուծում է տրվում նոր տեխնոլոգիայի ստեղծմամբ: Այս դեպքում, օգտագործելով բազմափականային տրանզիստորներ, մասնավորապես եռաչափ տրանզիստոր, հնարավոր է արդյունավետ կառավարել կարճ հոսքուղային էֆեկտները (ԿՀԷ) (այդ տրանզիստորի տեսքը պատկերված է նկ. 1-ում):



Նկ.1. Եռաչափ տրանզիստորի կառուցվածքը կողքից և վերևից

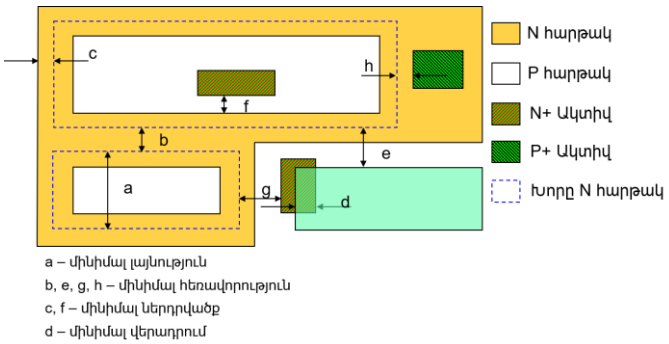
Պատկերված կառուցվածքը բաղկացած է սիլիցիումային մարմնից, որը փաթաթված է փականի էլեկտրոդի վրա: Նմանատիպ կառուցվածքներում հոսանքներն անցնում են զուգահեռ, իսկ հոսքուղին ուղղահայաց է հարթակին: L-ով նշանակված է հոսքուղու երկարությունը, որը հետևյալ զարգացումն է ունեցել՝ 22 *նմ*, 14 *նմ*, 10 *նմ*, 7 *նմ*:

Ինչպես երևում է նկարից, բազմափականային կառուցվածքներում հոսքուղին կառավարվում է երեք ուղղությամբ, որն ավելի կարճ հոսքուղիների դեպքում թուլացնում է ԿՀԷ-ները:

Այս կառուցվածքներն ապահովում են արտաբերի համեմատաբար ավելի մեծ հոսանքներ, մեծացնում են փոխանջատման արագագործությունը մինչև 37%-ով, աշխատում են համեմատաբար ավելի փոքր շեմային լարումների դեպքում, կեսից ավելի փոքրացնում են դինամիկ հզորությունը, ինչպես նաև փոքրացնում են շեղման հոսանքները մոտավորապես 90%-ով:

Նախագծման կանոններ: ԻՍ-երի կամ դրանց բաղկացուցիչ մասերի ֆիզիկական նախագծման ընթացքում նախագծողը կամ ավտոմատ նախագծման գործիքը պետք է հետևի որոշակի կանոնների տոպոլոգիայի երկրաչափական պատկերի ստեղծման ընթացքում [3]: Այդ ֆիզիկական կանոններին հետևելը պարտադիր է նրա համար, որ նախագծված տոպոլոգիան հնարավոր լինի արտադրել գործարանում, քանի որ տեխնոլոգիայից և դրա չափից կախված, գործարանում արտադրվող սխեմաները պետք է բավարարեն որոշակի երկրաչափական սահմանափակումների: Այդպիսի երկրաչափական սահմանափակումները կամ ֆիզիկական նախագծման կանոնները (ՆԿ) կարող են լինել շատ տարբեր, օրինակ՝ նույն արտադրվող շերտի երկու հարևան երկրաչափական մարմիններ՝ ուղղանկյուններ, պետք է միմյանցից որոշակի հեռավորության վրա գտնվեն և այլն: Սովորաբար ԻՍ-երի արտադրման ֆիզիկական նախագծման կանոնների քանակը տատանվում է հարյուրի և մի քանի հարյուրի միջև: Կանոնների մեծ մասը բավականին պարզ է: դրանք արտադրվող շերտի երկրաչափական պատկերների հեռավորության, մակերեսի կամ վերադրման կանոններ են: Տեխնոլոգիաների փոքրացմանը զուգընթաց աճում է և՛ կանոնների քանակը, և՛ դրանց բարդությունը: Տեխնոլոգիաները դրանց ֆիզիկապես փոքրացումից և հետևաբար դրանցում ֆիզիկական երկրաչափությունների փոքրացումից բացի, ունենում են նաև այլ հատկություններ, որոնցից է, այսպես կոչված, գունավոր, կամ ներկված տեխնոլոգիան (ՆՏ): Այսպիսի տեխնոլոգիաներում որոշ արտադրվող շերտեր (մետաղներ), բացի իրենց շերտի հատկություններից, ունենում են նաև գույն,՝ որից կախված՝ դրանցով տոպոլոգիայում առկա բոլոր երկրաչափությունները ենթարկվում են ոչ միայն այդ շերտի ֆիզիկական նախագծման կանոններին, այլ նաև տվյալ գույնի շերտի կանոններին, ինչն էապես բարդացնում է այդ կանոններին բավարարելը, ինչպես նաև զգալիորեն ավելացնում է կանոնների ընդհանուր քանակը: Այդ գույները հետագայում արտադրվող չեն, այսինքն՝ նույն շերտի երկու տարբեր գույն ունեցող երկրաչափություններն արտադրվելիս միևնույն մետաղն են, ուղղակի դրանք

արտադրվելու են տարբեր դիմակներով: 14նմ տեխնոլոգիան հենց ՆՏ է: Նախագծման կանոնները նախագծողին հասկանալի դարձնելու համար դրանք որոշակի կերպով նկարագրվում են: Յուրաքանչյուր կանոն նկարագրվում է մի կամ մի քանի նախադասությամբ, անգլերեն լեզվով, գրաֆիկական նկարներով, որոնց նպատակն է կանոնների երկրաչափական նկարագրությունը և դրանց կիրառման դեպքերը ցուցադրելը (նկ. 2):



Նկ. 2. Նախագծման կանոնի գրաֆիկական ներկայացման օրինակ

ՆԿ-ների մշակման գործընթացը: Նախքան ՆԿ-ների մշակումը, կատարվել է այդ կանոնների դասակարգում ըստ առաջնահերթության: Դա կատարվել է հետևյալ մոտեցմամբ. նախորդ տեխնոլոգիայով առանց նախագծման կանոնները պահպանելու իրականացվել է մի շարք բջիջների ֆիզիկական նախագծում: Այնուհետև, նույն տեխնոլոգիայով կատարվել է վերջիններիս ստուգումը: Ստուգման պրոցեսն ավարտելուց հետո ուղղվել են ֆիզիկական նախագծի այն հատվածները, որտեղ նկատվել են նախագծման կանոնների խախտումներ: Այն խախտումները, որոնց ուղղման պարագայում ոչ միայն վերացել են տվյալ կանոնի խախտումները, այլև նվազել է մնացած կանոնների խախտումների քանակները, համարվել են առաջնահերթ: Այդ կանոնների թվին են դասվում կոնտակտների չափերը, մետաղների նվազագույն հաստությունները, մետաղների միջև նվազագույն հեռավորությունները և այլն:

Առաջնահերթությունը որոշելուն հաջորդել է այդ կանոնների մշակումը: ՆԿ-ները մշակվել են երկու մոտեցմամբ. նախ օգտագործվել են տարբեր գիտական հրապարակումներ [4], որոնցում նշված են ֆիզիկական տեսքերի հետ կապված որոշակի տվյալներ: Մյուս մոտեցումը հիմնված է եղել նախորդ տեխնոլոգիաներով մշակված ՆԿ-ների վրա [5]: Օրինակ, մետաղի նվազագույն մակերեսը 90-նմ տեխնոլոգիայում A_1 է, 45-ում՝ A_2, իսկ 32-ում՝ A_3, այդ մեծությունների միջև նկատվել է որոշակի օրինաչափություն և էքստրապոլյացիայի մեթոդով որոշվել է A_4-ը, որը մետաղի նվազագույն մակերեսի թվային արժեքն է 14 *նմ* տեխնոլոգիայում: Այդ մեծությունների մի մասը համեմատվել է արտադրական տեխնոլոգիայի նախագծման կանոնների հետ, և նկատվել է, որ տարբերությունը թույլատրելի սահմաններում է գտնվում:

Աղյուսակում բերված է մշակված կանոնների ցուցակից մի հատված:

Աղյուսակ

Նախագծման կանոնների ցանկ

Պարամետրեր	Արժեքը14նմ-անոց եռաչափ փականով տրանզիստորի (FinFET) դեպքում	Մեկնաբանություն
$L_{Ֆին}$	14 նմ	“Ֆինի” լայնությունը
$T_{Սի}$	3.5 նմ	“Ֆինի” երկարությունը
$H_{ՖԻՆ}$	14 նմ	“Ֆինի” բարձրությունը
$P_{Ֆին}$	10.5 նմ	Զուգահեռ “ֆին”-երի կենտրոնների միջև հեռավորությունը
$T_{Օքս}$	1.55 նմ	Օքսիդի հաստությունը
$W_{Կ}$	10.5 նմ	Կոնտակտի նվազագույն երկարությունը
$W_{ՄՄԵ}$	10.5 նմ	Մետաղների միջև նվազագույն հեռավորությունը
$W_{ՓԿԵ}$	7 նմ	Փականի և կոնտակտի միջև նվազագույն հեռավորությունը

Ընդհանուր հաշվով մշակվել է մոտ 120 կանոն, որոնք իրենց մեջ ներառում են ինչպես ընդհանուր, այնպես էլ տվյալ տեխնոլոգիայի համար հատուկ կանոններ։

Այդ կանոնների հիման վրա նախագծվել են տարբեր բջիջների տոպոլոգիաներ, որոնք համեմատվել են տվյալ տեխնոլոգիային մոտ այլ տեխնոլոգիաներով նախագծված տոպոլոգիաների հետ։ Մակերեսների հարաբերությունը եղել է թույլատրելիի սահմաններում։

Եզրակացություն։ Այսպիսով, 14նմ տեխնոլոգիայի համար մշակվել է մոտ 150 նախագծման կանոններ։ Այդ կանոնների մշակման համար կիրառվել է երկու մոտեցում՝ վերցվել են տարբեր գիտական աշխատանքներում օգտագործված թվերը, օգտագործվել են նախորդ տեխնոլոգիաներում մշակված կանոնները՝ օրինաչափությունը պարզելու համար։ Մշակված կանոնների միջոցով կատարվել են տարբեր ֆիզիկական նախագծեր, որոնք համեմատվել են այդ տեխնոլոգիային մոտ այլ տեխնոլոգիաներով կատարված նախագծերի հետ։ Արդյունքները եղել են թույլատրելիի սահմաններում։

Գրականություն

1. **Melikyan V., Harutyunyan A., Matevosyan A.** Physical Design Implementation, Armenia, 2014.
2. **Tetsu Tanaka.** 3D-IC technology and reliability challenges, Junction Technology (IWJT) // 2017 17th International Workshop on Junction Technology (IWJT). - Uji, Japan, 1-2 June 2017.
3. **Iov Cătălin J., Hnatiuc M., Design Rule Checking.** Current Challenges Approached With HyperLynx DRC // 2018 IEEE 24th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME). - Romania, 25-28 Oct. 2018.
4. 7nm FinFET standard cell layout characterization and power density prediction in near- and super-threshold voltage regimes **/ T. Cui, Q. Xie, Y. Wang, Sh. Nazarian, M. Pedram //** International Green Computing Conference. - Dallas, TX, USA, 3-5 Nov. 2014.
5. 32/28nm Educational Design Kit: Capabilities, deployment and future **/ R. Godman, K. Bartleson, T. Wood, K. Kranen , V. Melikyan, E. Babayan, //** 2013 IEEE Asia Pacific Conference on Postgraduate Research in Microelectronics and Electronics (PrimeAsia).- 2013.

10.05.2019.

В.Ш. Меликян, М.К. Мартиросян

РАЗРАБОТКА ПРАВИЛ ФИЗИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ ДЛЯ 14-НАНОМЕТРОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Представлена разработка правил проектирования интегральных схем (ИС). Решен список минимального количества правил. Разработка правил проектирования была реализована в два подхода: были использованы правила из библиотек с открытым доступом, спроектированных более большими технологиями, а также цифры, использованные в разных исследовательских работах. Спроектированы разные цифровые и аналоговые ИС с использованием этих правил проектирования. Правила проектирования были созданы с 14-нанометровой технологией для реализации физических проектов непроизводственных ИС.

Ключевые слова: *трехмерный транзистор, правила проектирования, библиотека проектирования, физический проект, специализированный маршрут проектирования.*

V.Sh. Melikyan, M.K. Martirosyan

PHYSICAL DESIGN RULE DEVELOPMENT FOR 14NM INTEGRATED CIRCUITS

The development of design rules for integrated circuits (IC) is presented. A list of minimum rules has been defined. The development of design rules was implemented in two approaches: rules from open access libraries designed by larger technologies were used, as well as the numbers used in various research papers. Different digital and analog ICs were designed using these design rules. Design rules were developed by 14 nm technology to implement physical projects of non-production ICs.

Keywords: *FinFET transistor, design rules, design kit, physical design, custom design flow.*

Մելիքյան Վազգեն Շավարշի – ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ, տ.գ.դ., պրոֆ. (<<Սինոփսիս Արմենիա>> ՓԲԸ)
Մարտիրոսյան Մերուժան Կարապետի – ասպիրանտ (ՀԱՊՀ)

ISSN 1829 - 0043 ВЕСТНИК ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ АРМЕНИИ (ВИАА). 2019. Т.16, № 1

УДК 535.417+778.38:621.373.826

ИНФОРМАТИКА, ЭЛЕКТРОНИКА И НАУЧНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Л.В. Танин

АНОМАЛЬНАЯ ДИСПЕРСИЯ АТОМАРНЫХ СРЕД С СИЛЬНЫМИ ЛИНИЯМИ ПОГЛОЩЕНИЯ В МЕТОДАХ РЕЗОНАНСНОЙ ОПТИКИ

Цель исследования - развить методы резонансной оптики и показать теоретически и экспериментально возможность повышения чувствительности методов резонансной интерферометрии, резонансной флуоресценции и динамической резонансной голографии с использованием перестраиваемого по длине волны излучения лазера на красителях. Предложены и экспериментально реализованы методы резонансной оптики, в основе которых лежит явление аномальной дисперсии, что дает возможность регулировать чувствительность среды к записи динамических резонансных амплитудно-фазовых (объемных и плоских) голограмм и тем самым открывает новый класс регистрирующих сред для динамической голографии – газообразные среды, а также позволяет на порядок и более повысить чувствительность методов интерферометрии и флуоресценции для определения концентрации атомов в плазме [1,2].

Ключевые слова: *аномальная дисперсия, атомарные среды, полосы поглощения, резонансная оптика, диагностика, интерферометрия, флуоресценция, динамическая голография, лазер на красителях, длина волны излучения, чувствительность, концентрация, высокотемпературная водородная плазма, лазерные нанотехнологии, низкотемпературная натриевая плазма, дифракционные решетки*.

Введение. Одной из актуальных задач современного научного мира является проведение фундаментальных и прикладных исследований по созданию источников энергии, альтернативной солнечной энергии, в том числе основанных на термоядерном синтезе. В связи с этим появляется необходимость развития методов диагностики высокотемпературной водородной плазмы в установках Токамак. В то же время проявляется интерес и к работам по обращению волнового фронта. Для решения задач формирования и преобразования световых пучков с заданной пространственной структурой и оптической обработки информации в реальном времени необходимо иметь среды с повышенной чувствительностью, быстродействием и цикличностью. Наибольший интерес в этом случае представляют атомные среды с резонансным поглощением. В основе всех этих исследований лежит явление аномальной дисперсии, при использовании которой получили дальнейшее развитие высокочувствительные методы резонансной оптики: резонансная динамическая голография, резонансная флуоресценция и интерферометрия [1, 2].

Объединяющим и основным определяющим фактором этих перспективных научных направлений резонансной оптики являются лазерные нанотехнологии. В этой связи когерентно-оптические (голографические, спекл-оптические, интерференционные, флуоресцентные) методы в зависимости от решаемых задач предъявляют к лазерному источнику света особые требования: при значительной выходной энергии и мощности излучения его высокая пространственная когерентность и монохроматичность; перестраиваемая длина волны излучения в широком спектральном диапазоне, а также две и более линии генерации излучения с регулируемым спектральным интервалом; генерация импульса излучения различной длительности и генерация двух или нескольких парных моноимпульсов излучения с регулируемым временным интервалом; излучение с заданным и изменяющимся направлением вектора поляризации и др. В данной работе в целом ряде проведенных фундаментальных и прикладных исследований использованы эти уникальные параметры лазерного излучения. В частности, впервые были проведены исследования в области резонансной оптики и показана перспективность использования для этих целей импульсного перестраиваемого по длине волны излучения лазеров на красителях с лазерной и ламповой накачкой.

Кроме того, требовалось показать возможность применения этих лазеров для решения задач, эффективность решения которых связана с использованием когерентных источников излучения с перестраиваемой длиной волны.

Резонансный метод повышения чувствительности интерферометрии в исследованиях низкотемпературной натриевой плазмы. Резонансные методы повышения чувствительности интерферометрии основаны на записи интерферограмм в свете излучения, близкого по частоте к линии поглощения одной из компонент исследуемого вещества (например, натриевой, литиевой, калиевой плазмы и т.д.). Идея метода заключается в том, что для зондирования плазмы используется излучение с длиной волны, близкой к линии поглощения одной из компонент плазмы (рис. 1) [3,4].

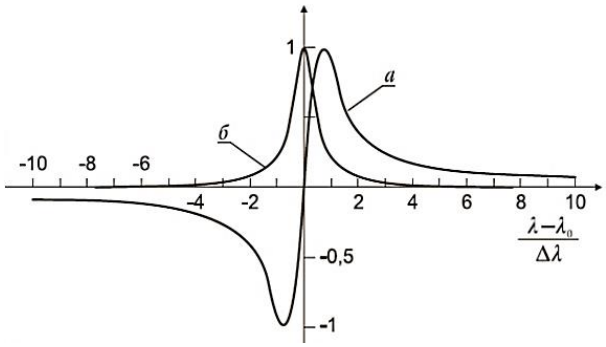


Рис. 1. Ход рефракции (n – 1)/(n – 1)$_0$ (а) и коэффициента поглощения $\varkappa/\varkappa_0$ (б) в системе координат для расчета излучения вблизи спектральной линии

$$n - 1 = C\lambda_0^3 N f \frac{\lambda - \lambda_0}{(\lambda - \lambda_0)^2 + (\Delta\lambda/2)^2} \cdot \qquad (1)$$

Вблизи линии поглощения, имеющей дисперсионный контур, рефракция атомов и ионов описывается соотношением, где λ_0 – длина волны, соответствующая максимуму линии поглощения; $\Delta\lambda$ – ширина линии поглощения, измеренная на полувысоте; λ – длина волны просвечивающего излучения; f – сила осциллятора линии; N – концентрация атомов на поглощающем уровне; $C = e^2/4\pi m_e c^2 = 2{,}24 \cdot 10^{-14}$ *см*.

Как следует из формулы (1), по мере приближения к линиям поглощения рефракция соответствующих атомов резко возрастает и может на несколько порядков превысить рефракцию тех же атомов вдали от линии поглощения. Таким образом, используя для получения интерферограмм излучение с длиной волны, близкой к линии поглощения, можно существенно увеличить чувствительность измерения концентрации соответствующих атомов (рис. 1).

Метод резонансной интерферометрии применим для определения концентрации атомов и ионов, имеющих сильные линии поглощения.

В данном разделе приводятся результаты экспериментального исследования возможности повышения чувствительности метода резонансной интерферометрии при использовании лазера на растворе родамина 6G с лазерной накачкой [1, 2, 5-8, 9]. В качестве объекта исследования была взята натриевая плазма. Простой моделью такой плазмы является дуга постоянного тока, содержащая пары натрия. Сама по себе плазма дугового разряда достаточно исследована. Этот объект выбран для того, чтобы на нем проиллюстрировать возможность метода резонансной интерферометрии. Целью данного экспериментального исследования было определить концентрацию нормальных атомов натрия в дуге постоянного тока.

Эксперименты по резонансной интерферометрии в окрестностях D-дублета натрия были проведены с помощью перестраиваемого по длине волны излучения лазера на красителе родамине 6G с когерентной накачкой [8].

Фотография и оптическая схема экспериментальной установки для получения резонансных интерферограмм представлены на рис. 2 *а, б.* Ширина спектра генерации 0,03 *нм*. Перестройка линии генерации вблизи резонансного дублета натрия осуществлялась наклоном интерферометра Фабри – Перо, расположенного в резонаторе лазера на красителях. Контроль за положением линии генерации производился с помощью спектрографа ДФС-8.

С помощью поворотных зеркал *11, 12, 14* излучение лазера на красителе и часть излучения рубинового лазера (отраженная от фильтра *6* ФС-7) направлялись в интерферометр Маха – Цендера *17,* при этом оба зондирующих пучка совпадали по направлению. Линза *13* служила для формирования зондирующего пучка необходимой расходимости. Интерферометр Маха – Цендера настраивался в белом свете на горизонтальные интерференционные полосы, пространственную частоту которых можно было менять в широких пределах от 0 до 50 *линий/мм*. Регистрация интерферограмм осуществлялась при трех значениях пространственных частот: 0 (полоса бесконечной ширины), 5 и 10 *линий/мм*. Интерферограммы снимались одновременно на две фотопленки *20,21*.

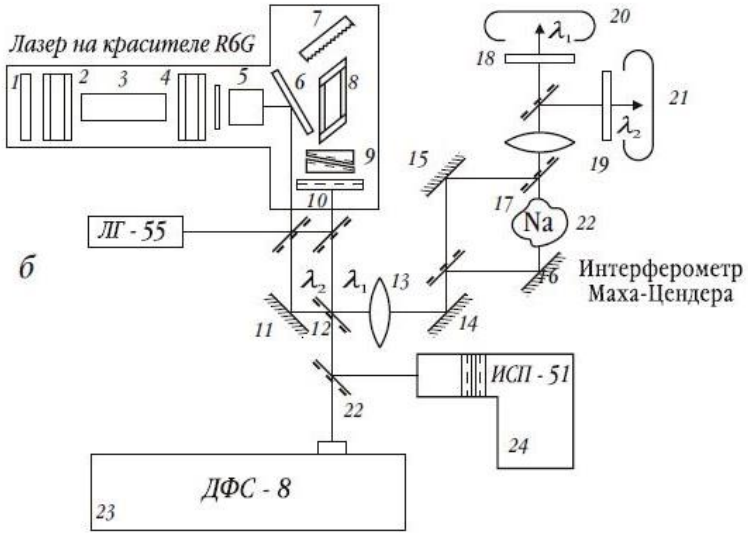


Рис. 2. Оптическая схема установки для получения резонансных интерферограмм:

100% диэлектрическое зеркало в дальнейшем заменено отражательной дифракционной решеткой 7; 2 – пассивный затвор (раствор криптоцианина в этаноле с пропусканием 15% на длине волны 694,3 нм); 3 – активный элемент из синтетического корунда РА2Б с 8120/180 мм; 4 – стопа из двух стеклянных пластин; 5 – кристалл КДР; 6 – светофильтр ФС – 7, подавляющий излучение основной частоты = 694,3 нм; 7 – дифракционная решетка 1200 штрихов/мм с коэффициентом отражения 70% в первом порядке дифракции; 8 – оптическая кювета, которая заполнялась спиртовым раствором родамина 6G с концентрацией, соответствующей коэффициенту поглощения для λ = 347,2 нм, равному 10÷20 см-1; 9 – интерферометр Фабри-Перо; 10 – диэлектрическое зеркало с коэффициентами отражения 60%

Для одновременного получения интерферограмм использовалось излучение, содержащее две длины волны: λ_1=589,7 *нм* – длина волны излучения лазера на красителе, отстоящая от длинноволнового компонента резонансного дублета NaI ($3^2S_{1/2}$-$3^2P_{1/2}$), λ = 589,593 на 1 *нм*; λ_2 = 694,3 *нм* – длина волны генерации рубинового лазера, который производит оптическую накачку своей второй гармоникой этого же лазера на красителе (рис. 3).

Определена средняя по толщине слоя концентрация атомов натрия, которая в дуге постоянного тока составляла $7 \cdot 10^{13}$ *см*$^{-3}$, что примерно соответствует предельной чувствительности измерений для данного расстояния 0,1 *нм* между длиной волны зондирующей линии и резонансной линии натрия.

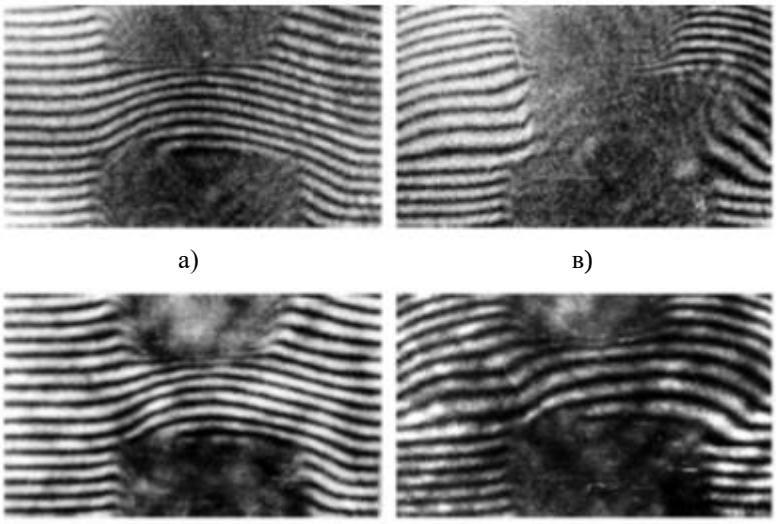


Рис. 3. Интерферограммы дуги постоянного тока с натриевой набивкой, полученные раздельно в двух длинах волн (589,7 и 694,3 нм). Пространственная частота полос 5 линий/мм: а, б – соответствует одновременной записи интерферограмм в длинах волн 589,7 и 694,3 нм; в, г – соответствует одновременной записи интерферограмм в длинах волн 589,0 и 694,3 нм

Резонансный метод повышения чувствительности флуоресценции в исследованиях высокотемпературной водородной плазмы. Данные исследования направлены на развитие метода резонансной флуоресценции для диагностики высокотемпературной водородной плазмы в установке Токамак ФТ-I с использованием лазера на красителях с ламповой накачкой [10].

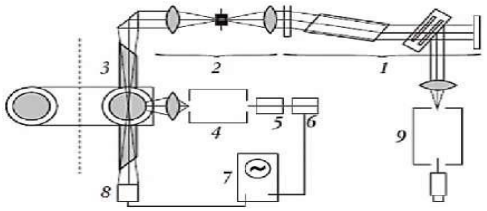


Рис. 4. Оптическая схема экспериментальной установки для диагностики водородной плазмы:
1 - лазер на красителях с ламповой накачкой; 2 - оптическая система формирования пучка; 3 - установка Токамак ФТ-I, оснащенная системой черненых диафрагм для ввода и вывода лазерного излучения и ловушкой света напротив окна наблюдения; 4 - монохроматор; 5 - приемник излучения; 6 - импульсный усилитель; 7 - осциллограф; 8 - измеритель энергии лазерного импульса; 9 - монохроматор с микроскопом для контроля за частотой генерации лазера

Суть метода резонансной флуоресценции состоит в том, что лазерное излучение, проходя через плазму, селективно возбуждает атомы и ионы, частота оптических переходов которых совпадает с частотой излучения данного лазера. По величине сигнала флуоресценции можно определить заселенности уровней, ответственных за данный оптический переход, и, в конечном итоге, концентрацию соответствующих атомов и ионов в плазме, а по доплеровской ширине линии флуоресценции - их температуру. Эксперименты проводились в водородной плазме установки Токамак ФТ-I с концентрацией нейтральных атомов водорода $10^9…10^{10}$ *см*$^{-3}$. Для возбуждения сигнала флуоресценции нейтральных атомов водорода в плазме использовался лазер на красителях с ламповой накачкой с генерацией в области линии (Х = 656,3 *нм*). Ширина линии генерации в области На достигает 0,8 *нм.* Схема экспериментальной установки представлена на рис. 4.

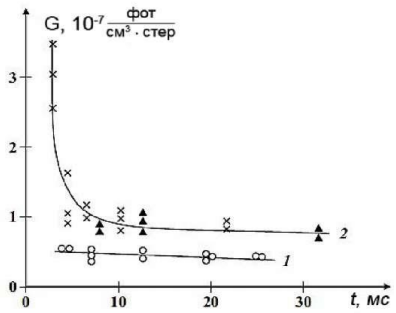


Рис. 5. Зависимость интенсивности флуоресценции во времени при возбуждении водородной плазмы излучением лазера на красителях с ламповой накачкой

Для определения абсолютных значений концентрации нейтральных атомов водорода были выполнены эксперименты по релеевскому рассеянию лазерного излучения в аргоне. Результаты измерений интенсивности флуоресценции приведены на рис. 5. Кривая *1* относится к стандартному режиму разряда (ток разряда - 27 *кА*) после длительной тренировки камеры прогревом и разрядами. Кривая *2* соответствует режиму с менее тщательной тренировкой камеры (ток разряда - 17 *кА*). Рассчитанные по амплитуде сигнала флуоресценции концентрации нейтральных атомов водорода вблизи максимума тока соответственно равны 110^9 и $2\text{-}10^9$ *см*$^{-3}$.

Также исследовался вопрос создания когерентного источника излучения с длиной волны La (121,6 *нм*) для изучения распределения концентрации нормальных атомов водорода в плазме методом резонансной флуоресценции. Одним из возможных методов получения когерентного излучения в вакуумной области спектра является генерация третьей гармоники в средах с высокой нелинейностью третьего порядка [11, 12]. Высокая эффективность преобразования достигается при выполнении условия фазового согласования. Вблизи резонансных линий это возможно за счет аномальной дисперсии.

Исследование условий записи динамических резонансных амплитудно-фазовых голограмм (плоских и объемных) в парах натрия. Как известно, регистрирующим материалом для записи динамических голограмм является среда, оптические свойства которой достаточно быстро и обратимо изменяются под действием электромагнитного излучения [13].

В данном разделе представлен новый класс регистрирующих сред для голографии – газообразные среды, а также результаты исследований условий записи динамических амплитудно-фазовых голограмм (плоских и объемных) в парах натрия [1, 2].

В описываемом эксперименте [1, 2, 9, 14 – 17] в качестве регистрирующей среды для записи голограмм были использованы пары натрия. Пары натрия создавались в кювете *4* (рис. 6 *в, г)* с оптически прозрачными окнами, из которой предварительно с помощью форвакуумного насоса откачивался воздух до давления 10 атм. Изменение оптической плотности паров натрия внутри кюветы осуществлялось с помощью специальной печи, температура которой была проградуирована в зависимости от проходящего по ней тока с помощью хромель-алюмелевой термопары.

В качестве источника света использовался лазер на растворе родамина 6G с лазерной накачкой, частота излучения которого настраивалась на резонансный дублет натрия (λ = 588,996 и 589,593 нм).

Полуширина полосы генерации лазера была порядка 1 нм (резонатор состоял из дифракционной решетки и выходного зеркала). Выходная энергия генерации составляла несколько миллиджоулей при длительности импульса около 15 нс по уровню половинной мощности. Схема записи голограмм (рис. 6) состояла из интерферометра Маха – Цендера *1,* настроенного на горизонтальные полосы в белом свете. Отсутствие разности хода между интерферирующими пучками обеспечивало формирование интерференционной картины высокого контраста при излучении с широким спектром.

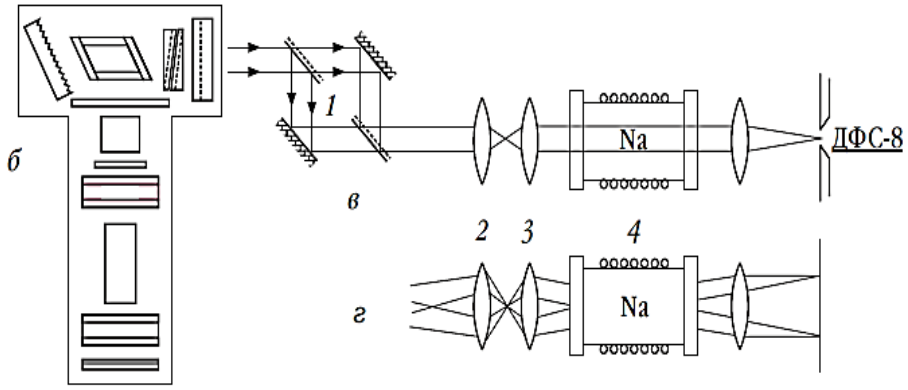


Рис. 6. Принципиальная схема экспериментальной установки для записи динамических резонансных голограмм:
б – лазер на красителях; в – вид сверху; г – вид сбоку

На выходе интерферометра располагалась однократная телескопическая система *2, 3,* проектировавшая область локализации интерференционных полос в середину кюветы *4* с парами натрия, что позволяло сохранить совмещение пучков в кювете при изменении угла их схождения.

Выходящие из кюветы пучки фокусировались линзой с фокусным расстоянием F = 200 *мм* на щель спектрографа ДСФ-8. Пространственная частота полос изменялась от 3 до 20 *линий/мм,* что соответствует углу схождения пучков $2\cdot10^{-3}$: $12\cdot10^{-3}$ *рад*. Соотношение интенсивностей пучков на выходе интерферометра варьировалось от 1:1 до 1:30. Концентрация атомов натрия в кювете менялась от 10^{14} до 10^{16} *см*$^{-3}$, а толщина слоя (по ходу пучков) составляла около 2 *см*. В отсутствие паров натрия в кювете в фокальной плоскости спектрографа наблюдались две горизонтальные полосы, соответствующие спектрам исходных пучков (рис. 7). При пространственных частотах, отвечающих записи тонких голограмм, при плотности излучения 10^6 *Вт/см*^{2} на спектрограммах наблюдались эквидистантные полосы, расположение которых соответствовало ожидаемой картине дифракции на решетке, образованной исходными пучками. Одна из таких спектрограмм, полученная при угле схождения пучков $4\cdot10^{-3}$ *рад* и концентрации паров 10^{14} см$^{-3}$, приведена на рис. 6 *б*.

Дополнительные пучки исчезали при введении в интерферометр разности хода, превышавшей 1,5 *мм*, что соответствовало эффективной ширине линии 0,2…0,3 *нм*, спектра излучения, принимавшего
участие в образовании динамической решетки (рис. 6 *в*).

При изменении угла схождения пучков от $2\cdot10^{-3}$ до $12\cdot10^{-3}$ *рад* наблюдалось изменение картины дифракции (до трех порядков) на динамической фазовой решетке (рис. 8). При установке перед интерферометром второй кюветы с парами натрия, оптическая плотность которых близка к оптической плотности в первой кювете, что эквивалентно исключению из спектра исходных пучков интервала длин волн, соответствующего линиям поглощения паров натрия, дополнительные пучки исчезали. Это указывает на то, что в данных экспериментах дополнительные пучки, возникающие в результате дифракции исходных пучков на амплитудно-фазовой решетке, обусловлены поглощением излучения вблизи центров контуров резонансных линий натрия. Дополнительные пучки наблюдались как в коротковолновой, так и в длинноволновой по отношению к каждой из компонент дублета областях спектра.

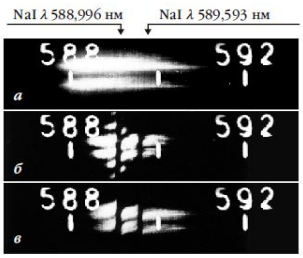


Рис. 7
Распределение интенсивности пучков в отсутствие паров натрия (а); при концентрации паров натрия 10^{14} $см^{-3}$ (б); при той же концентрации паров натрия с введением дополнительной разности хода 2 мм (в)

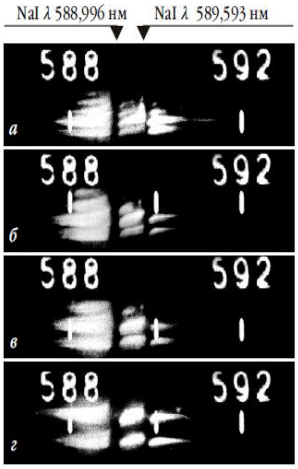


Рис. 8
Изменение картины дифракции на динамической фазовой решетке при изменении угла схождения между пучками, записывающими эту решетку

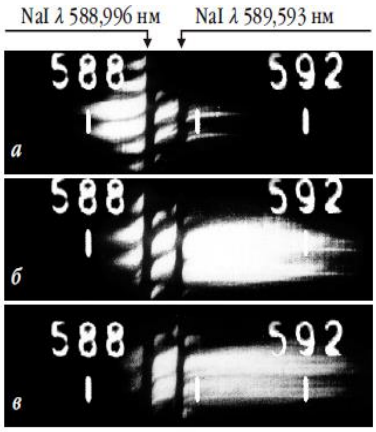


Рис. 9
Картины дифракции на динамических фазовых решетках при перестройке частоты лазера на красителе вблизи линий поглощения натрия (при соотношении интенсивностей, записывающих динамическую фазовую решетку 1:1)

Наличие дополнительных пучков с длинноволновой стороны резонансной компоненты 589,593 нм подтверждается также результатами, полученными при смещении спектра излучения относительно резонансного дублета натрия (рис. 9); концентрация паров натрия – 10^{15} $см^{-3}$, угол схождения пучков–$4 \cdot 10^{-3}$ рад. В спектрах дополнительных пучков в интервале между линиями дублета наблюдались характерные провалы. Эти провалы располагались в области частот, для которой пространственная модуляция оптических свойств среды минимальна (рис. 9).

В ходе исследований по динамической резонансной голографии был открыт новый класс регистрирующих сред – газообразные. В парах атомарного натрия были записаны динамические дифракционные решетки. В частности, были получены дополнительные пучки, которые возникли в результате дифракции исходных пучков на амплитудно-фазовой решетке, образованной за счет поглощения излучения вблизи центров контуров резонансных линий натрия. Дополнительные пучки наблюдались как в коротковолновой, так и в длинноволновой областях спектра. Практический интерес в механизме управления контрастом изображения представляет наблюдавшийся эффект перераспределения энергии от сильной волны к слабой за счет рассеяния излучения на амплитудной объемной динамической решетке, записанной в парах натрия, который качественно согласуется с выводами теоретического рассмотрения, предложенного В.Г. Сидоровичем [16].

Данные исследования позволили определить условия записи амплитудно-фазовых голограмм в парах натрия: оптимальные значения концентраций паров натрия; углы схождения пучков, образующих решетку; плотность излучения, необходимая для записи динамических голограмм, а также выяснить влияние изменения соотношения интенсивностей пучков, образующих решетку, на процесс самодифракции.

Результаты и выводы. При исследовании методом резонансной флуоресценции впервые был установлен характер пространственно-временных распределений атомов водорода в высокотемпературной плазме Токамака. Результатом этих экспериментов на Токамаке ФТ-1 явилось освоение диапазона измеряемых концентраций 10^9-10^8 атомов водорода по линии Hα. С целью расширения спектрального диапазона флуоресцентного метода впервые получено когерентное излучение на длине волны Lα водорода (121,6 *нм*). При учете влияния нелинейной восприимчивости буферного газа найдены оптимальные условия процесса генерации третьей гармоники в газовых смесях (смеси криптона с аргоном), что позволило достигнуть эффективности преобразования 10^{-4} и получить когерентное излучение в области вакуумного ультрафиолета (121,6 *нм*) на уровне мощностей порядка нескольких киловатт, достаточное для возбуждения резонансной флуоресценции в вакуумной области спектра.

Следует отметить, что исследования по динамической резонансной голографии [1, 2, 9, 14, 15], резонансной интерферометрии [1,2, 5, 9], резонансной флуоресценции [1, 2, 10, 11, 12] с использованием лазеров на красителях [6, 7, 8, 25, 26], впервые проведенные при активном участии автора, успешно были продолжены его последователями [18 – 24].

Литература

1. **Танин Л.В.** Резонансные, голографические и спекл-оптические исследования фазовых, диффузных и зеркальных объектов: Автореф. дис. … докт. физ.-мат. наук по спец. - 01.04.05 – Оптика / Издательский центр Белорусского государственного университета. - Минск, 2014. – 63 с.
2. **Танин, Л.В., Танин А.Л.** Биомедицинская и резонансная оптика: теория и практика – Минск: Изд-во “Беларуская навука”, 2011. – 687 с.
3. **Рождественский Д.С.** Аномальная дисперсия в парах натрия // Журнал Русского физико-химического общества. Часть физическая. –1912. – Т. 44. – С. 395 – 430.
4. **А.с. 268732** СССР МКИ1 G 01n 21/46. Способ определения распределения плотности газа / Ю.И. Островский; Физ.-техн. ин-т АН СССР им.А.Ф. Иоффе. – №: 693463/26-25; Заявл. 16.01.1961; Опубл. 10.04.70 // Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки. – 1970. – № 14. – С. 92.
5. Применение методов резонансной интерферометрии и голографии для диагностики плазмы **/ Г.В. Дрейден, А.Н. Зайдель, Г.В. Островская, Ю.И. Островский, Н.А. Победоносцева, Л.В. Танин** // Физика плазмы. – 1975. – Т. 1, №. 3. – С. 462 – 482.
6. **Степанов, Б.И., Рубинов А.Н.** Оптические квантовые генераторы на растворах органических красителей // УФН. – 1968. – Т. 95, № 5. – С. 45 – 74.
7. АТО3692 / М.**М. Лойко, В.А. Мостовников, В.С. Моткин, Н.С. Казак, А.Н. Рубинов, Б.В. Бокуть.** – Минск, 1971. – 25 с. – (Препринт / АН БССР, Ин-т физики; № 3).
8. **Островский Ю.И., Танин Л.В.** Перестраиваемый лазер на органическом красителе для резонансной интерферометрии и голографии // ЖТФ. – 1975. – Т. 45, № 8. – С. 1756 – 1766.
9. **Tanin L.V., Ostrovskaya G.V.** Application of dye lasers in holography and holographic interferometry // Applied holography. Interkamera. – Praha, 1978. – P. 229–252.
10. Применение лазеров на красителях для диагностики плазмы методом резонансной флюоресценции в установке Токамак ФТ – I / **В.С. Бураков, П.Я. Мисаков, П.А. Науменков, С.В. Нечаев, Г.Т. Раздобарин, В.В. Семенов, Л.В. Соколова, Л.В. Танин, И.П. Фоломкин** // Тезисы Второй Всесоюзной конференции “Лазеры на основе сложных органических соединений и их применение”, Душанбе, 27–30 сентября 1977 г. / Акад. наук БССР, Ин-т физики [и др.]. – Минск, 1977. – С. 317–319.
11. Получение генерации в криптоне вблизи резонансной линии 123,6 нм **/ С.А. Батище, В.С. Бураков, В.И. Гладущак, В.А. Мостовников, П.А. Науменков, Г.Т. Раздобарин, А.С. Рубанов, А.Н. Рубинов, В.В. Семенов, Л.В. Танин, Е. Я. Шрейдер** // Письма в ЖТФ. – 1977. – Т. 3, № 14. – С. 674 –677.
12. Генерация третьей гармоники в криптоне в вакуумной области спектра / **С.А. Батище, В.С. Бураков, В.И. Гладущак, В.А. Мостовников, П.А. Науменков, Г.Т. Раздобарин, А.С. Рубанов, А.Н. Рубинов, В.В. Семенов, Л.В. Танин, Н.В. Тарасенко, Е.Я. Шрейдер** //

Тезисы Второй Всесоюзной конференции “Лазеры на основе сложных органических соединений и их применение”, Душанбе, 27–30 сентября 1977 г. / Акад. наук БССР, Ин-т физики [и др.]. – Минск, 1977. – С. 142–143.

13. **Степанов, Б.И., Ивакин Е.В., Рубанов А.С.** О регистрации плоских и объемных динамических голограмм в просветляющихся веществах // Доклады АН СССР. – 1971. – Т. 196, № 3. – С. 567 – 569.
14. **Стаселько В.И., Танин, В.Г., Сидорович Л.В., Островский Ю.И.** Запись динамических голограмм с использованием резонансного поглощения в парах натрия // Оптическая голография и ее применение. – Л., 1974. – С. 62 – 66.
15. **Стаселько В.И., Танин В.Г., Сидорович Л.В., Островский Ю.И** О свойствах динамических голограмм, зарегистрированных в парах натрия // Письма в ЖТФ. – 1975. – Т. 1, № 22. – С. 1030 – 1033.
16. **Сидорович В.Г., Стаселько Д.И.** О распространении световых волн в амплитудных динамических голограммах с записью в средах с насыщающимся усилением и поглощением // Оптика и спектроскопия. – 1975. – Т. 38, № 6. – С. 1202 – 1207.
17. **Yariv A.** Autor’s Reply // IEEE J. of Quant. Electr. Vol. QE. – 1979. – Vol. 15, № 6. – P. 524 – 525.
18. **Победоносцева Н.А.** Определение концентрации атомов в плотной плазме: Автореф. дис. … канд. физ. – мат. наук / Ордена Ленина Физ. – техн. ин-т им. А.Ф. Иоффе АН СССР. – Л., 1975. – 18 с.
19. **Ковальчук Ю.В.** Резонансное взаимодействие излучения лазера на красителе с плазмой лазерной искры: Автореф. дис. … канд. физ.-мат. наук / Ордена Ленина Физ.-техн. ин-т им. А.Ф. Иоффе АН СССР. – Л., 1979. – 16 с.
20. **Стаселько Д.И., Королев А.Е.** Экспериментальное исследование записи динамических голограмм в пределах контура поглощения резонансной атомной среды // Оптика и спектроскопия. – 1985. – Т. 58, № 1. – С. 147 – 152.
21. **Королев А.Е.** Исследование записи резонансных динамических голограмм в парах металлов с насыщением однородно уширенных контуров поглощения: Автореф. дис. … канд. физ.-мат. наук: 01.04.05 / ГОИ им. С.И. Вавилова. – Л., 1987. – 19 с.
22. **Бураков В.С., Раздобарин Г.Т., Тарасенко Н.В.** Развитие метода резонансной флуоресценции для диагностики нейтрального водорода в плазме крупных установок Токамак // ЖПС. – 1990. – Т. 53, № 4. – С. 547 – 551.
23. **Бураков, В.С., Райков С.Н., Тарасенко Н.В.** Лазерная абсорбционная и флуоресцентная диагностика плазмы // ЖПС. – 1997. – Т. 64, № 3. – С. 281 – 290.
24. **Тарасенко Н.В.** Лазерно-флуоресцентная спектроскопия атомно-молекулярных процессов в неравновесных плазменных средах: Автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук: 01.04.05; 01.04.08 ИМАФ НАН Беларуси. – Минск, 1999. – 42 с.
25. **Андреев С.П., Батище С.А., Мезен В.С., Мостовников В.А.** // Тезисы докл. на I Всесоюз. конф. «Оптика лазеров». – Л., 1977. – С. 358.
26. **Алькевич Л.В., Бохонов А.Ф., Бураков В.С.** Комплекс лазерной аппаратуры для диагностики высокотемпературной плазмы методом резонансной флуоресценции // ЖПС. – 1981. – Т. 35, №. 4. – С. 606 – 611.

05.06.2019.

Լ.Վ. Տանին

ՌԵԶՈՆԱՆՍԱՅԻՆ ՕՊՏԻԿԱՅԻ ՄԵԹՈԴՆԵՐՈՒՄ ԿԼԱՆՄԱՆ ՈՒԺԵՂ ԳԾԵՐՈՎ ԱՏՈՄԱԿԱՆ ՄԻՋԱՎԱՅՐԵՐԻ ԱՆՈՄԱԼ ԴԻՍՊԵՐՍԻԱՆ

Հետազոտության նպատակն է՝ զարգացնել ռեզոնանսային օպտիկայի մեթոդները և տեսականորեն ու փորձնականորեն ցույց տալ ռեզոնանսային ինտերֆերաչափության, ռեզոնանսային ֆլուորեսցենտության և դինամիկ ռեզոնանսային հոլոգրաֆիայի մեթոդների զգայունության բարձրացման հնարավորությունը՝ օգտագործելով ալիքի երկարությամբ վերալարվող ճառագայթման լազերը ներկանյութերի վրա: Առաջարկվել և փորձով իրացվել են ռեզոնանսային օպտիկայի մեթոդները, որոնց հիմքում ընկած է անոմալ դիսպերսիայի երևույթը, որը հնարավորություն է տալիս կարգավորել միջավայրի զգայունությունը ամպլիտուդաֆազային (ծավալուն և հարթ) հոլոգրամների նկատմամբ և դրանով իսկ բացում են գրանցող միջավայրերի նոր տարակարգ դինամիկ հոլոգրաֆիայի հոլոգրամների համար, ինչպես նաև հնարավորություն են տալիս մի կարգով և ավելի բարձրացնել ինտերֆերաչափության և ֆլուորեսցենցիայի մեթոդների զգայունությունը՝ պլազմայում ատոմների կոնցենտրացիան որոշելու համար:

Առանցքային բառեր. *անոմալ դիսպերսիա, ատոմային միջավայրեր, կլանման գոտիներ, ռեզոնանսային օպտիկա, կանխատեսում, ինտերֆերաչափություն, ֆլուորեսցենցիա, դինամիկ հոլոգրաֆիա, լազեր բյուրեղների վրա, ճառագաթման ալիքի երկարություն, զգայունություն, կոնցենտրացիա, բարձրաջերմաստիճան ջրածնային պլազմա, լազերային նանոտեխնոլոգիաներ, ցածրաջերմաստիճան նատրիումային պլազմա, դիֆրակցիոն սարքեր:*

L.V. Tanin

ANOMALOUS DISPERSION OF ATOMIC MEDIUM WITH STRONG ABSORPTION LINES IN THE METHODS OF RESONANT OPTICS

The purpose of the research is to develop methods of resonant optics and to show theoretically and experimentally the possibility of increasing the sensitivity of resonance interferometry, resonance fluorescence, and dynamic resonance holography using wavelength tunable dye laser radiation. The methods of resonant optics based on the phenomenon of anomalous dispersion are proposed and experimentally realized, which makes it possible to regulate the sensitivity of the medium to the record of dynamic resonance amplitude-phase (volume and flat) holograms, and thereby open a new class of recording media for dynamic holography - gaseous media, and also make it possible to increase the sensitivity of interferometry and fluorescence methods by 1-2 times to determine the concentration of atoms in the plasma [1,2].

Keywords: *anomalous dispersion, atomic media, absorption bands, resonant optics, diagnostics, interferometry, fluorescence, dynamic holography, dye laser, radiation wavelength, sensitivity, concentration, high-temperature hydrogen plasma, laser nanotechnologies, low-temperature sodium plasma, diffraction gratings.*

Танин Леонид Викторович - доктор физ.-мат. наук, академик Международной инженерной академии, ЗАО “Голографическая индустрия”

ISSN 1829 - 0043 ВЕСТНИК ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ АРМЕНИИ (ВИАА). 2019. Т.16, № 1

УДК 330.3

ВОЕННО-ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПОЛИТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОЛЛЕКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В.С. Давтян

ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТАВОК ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УГЛЯ ИЗ РЕСПУБЛИКИ АРЦАХ В АРМЕНИЮ В КОНТЕКСТЕ УГРОЗ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Представлены концептуальные основы развития энергетического и энерготранспортного развития Республики Арцах посредством перманентного углубления экономического сотрудничества с Республикой Армения. В качестве научной платформы для обоснования данного подхода выбрана теория неофункционализма. Рассмотрены основные проблемы поставок энергетического угля из Республики Арцах в Армению. Указаны основные экономические и политические предпосылки для реализации поставок. Определены ключевые факторы, помешавшие осуществлению поставок арцахского угля на Ереванскую ТЭС в 2013 г. Выявлено, что после решения Правительства Армении приступить к реализации проекта последовала бурная реакция ряда гражданских институтов, утверждавших, что использование угля на ТЭС приведет к удвоению выбросов углекислого газа в атмосферу. Проанализированы основные транспортно-логистические проблемы осуществления поставок.

***Ключевые слова**: Арцах, Армения, уголь, энергетика, ТЭС, транспорт, логистика.*

Проблемы суверенитета и институционального строительства напрямую сопряжены с проблемами экономической безопасности Республики Арцах и особенно таких ее составляющих, как энергетика и энерготранспортные коммуникации, комплексное развитие которых является важным условием полноценного и безопасного функционирования государства. Это ключевые отрасли экономики, имеющие неоспоримое значение как для внутригосударственного развития, так и для формирования предпосылок международной интеграции. При этом степень суверенности государства напрямую влияет на эффективность его вовлечения в систему логистических коммуникаций, что особенно проявляется при экспортно-импортных операциях или привлечении иностранных кредитов и инвестиций для развития данных отраслей.

Одновременно коммуникационная ограниченность Арцаха отражается на обеспечении экономической безопасности государства, а следовательно, отрицательно влияет на функционирование государственных институтов и системы национальной безопасности. Это делает государство более уязвимым, препятствуя полноценному развитию внутренних инфраструктур согласно международным нормам и, как следствие, обеспечению достаточного уровня безопасности при их эксплуатации. В целом можно констатировать, что уровень суверенности и наличие эффективно эксплуатируемых и безопасных стратегических инфраструктур во многом являются взаимосвязанными явлениями, и их конвергентное развитие может положительно сказаться на уровне не только экономической, но и национальной безопасности государства, усиливая его суверенность. Такой подход вполне вписывается в предлагаемый нами тезис о том, что признание суверенитета Арцаха со стороны международного сообщества во многом должно быть следствием внутреннего институционального и экономического развития республики). Таким образом, возможности становления Арцаха в качестве энергетически самодостаточного государства (что представляется возможным, принимая во внимание богатые гидроэнергетические ресурсы республики), а также перспективы развития энерготранспортных коммуникаций с Арменией могут стать локомотивом обеспечения экономической безопасности Арцаха и, следовательно, сформировать необходимое представление о нем в международном политическом дискурсе.

Данный подход вполне вписывается в теорию *неофункционализма*, отстаивающую ту позицию, что межгосударственные отношения должны быть перестроены так, чтобы “вертикальную” территориальную замкнутость заменить на действенные “горизонтальные” структуры, администрация которых будет регулировать межгосударственное сотрудничество в конкретных, в частности, экономических сферах. Как пишет П.А. Цыганков, “международная среда претерпит глобальные изменения, благодаря которым солдаты и дипломаты уступят место

администраторам и техникам, отношения между канцеляриями – прямым контактам между техническими администрациями, а защита суверенитетов – прагматичному решению конкретных вопросов" [1]. В целом, в рамках теории неофункционализма постулируется, что выгода от сотрудничества в одной области неизбежно становится мотиватором для обеспечения интеграции в других областях, в том числе в сфере политики. Данный подход может послужить концептуальной основой для обеспечения институционального развития Республики Арцах посредством перманентного углубления экономического сотрудничества с Арменией в сфере энергетики и энерготранспортных коммуникаций.

Возможности импорта арцахского угля в Армению

Важной попыткой диверсификации энергосистемы Армении стала инициатива Правительства Республики Армения по импорту энергетического угля из Республики Арцах в качестве топлива для третьего в стране по установленной мощности энергообъекта – Ереванской ТЭС. В 2011-2012 гг. в Армении ожидалось повышение цен на поставляемый российский природный газ со 180 до 189 *долл. США* за 1000 *куб.м.* Как известно, до этого, в 2008 г., цена на газ для армянского рынка составляла 154 *долл. США*. Учитывая экономические риски, формируемые в теплоэнергетике страны в условиях повышения тарифов на природный газ, диверсификация отрасли посредством поставок арцахского угля стала рассматриваться в качестве приоритетного направления.

Согласно утвержденной в 2013 г. правительством Арцахской Республики программе, направленной на исследование недр, было запланировано формирование так называемого геологического фонда, а также кадастра месторождений полезных ископаемых [2].

Геологические исследования показывают, что на территории Арцаха имеются некоторые виды твердых топливных полезных ископаемых и, в частности, уголь. Запасы последнего оцениваются до 15 *млн т* (группа месторождений Магавуз, Мартакертская область). Также проводится геологоразведка на территории сел Нарешат и Колатак. Что касается жидких и газообразных видов топлива, то в настоящее время проводится исследование недр в районе Мартакерт-Мартуни-Гадрут, а также Гадрут-Кашатах [3]. Планировалось, что оба блока Ереванской ТЭС будут эксплуатироваться на магавузском угле, ежедневно сжигая до 2 *тыс. т* угля. Ожидалось, что обнаруженных на месторождениях запасов хватит ТЭС на 5,5 лет.

Для поддержания проекта в феврале 2012 г. Правительство Армении приняло решение об освобождении компании "Гана-Транс" от выплаты НДС. В свою очередь, указанная компания обязалась в целях поставок угля из Арцаха до железнодорожной станции Варденис в Армении закупить 40 грузовых машин.

В октябре 2012 г. первая партия арцахского угля (26 вагонов по 60 *т*) была поставлена на Ереванскую ТЭС. Предполагалось, что до конца 2012 г. на ТЭС будет поставлено до 700 *тыс. т* угля, а в 2013 г. этот показатель достигнет 1,5 *млн т.* Однако очень скоро этот проект, нацеленный, с одной стороны, на диверсификацию армянской теплоэнергетики, с другой – на поддержку непризнанного Арцаха, был приостановлен. Консервация проекта была связана с двумя факторами:

1. На Ереванской ТЭС никогда не производилась электроэнергия с использованием угля, а сама водоугольная технология для станции нова.
2. После решения Правительства Армении приступить к реализации проекта последовала бурная реакция ряда гражданских институтов, утверждавших, что использование угля на ТЭС приведет к удвоению выбросов углекислого газа а атмосферу.

Как первый, так и второй факторы, безусловно, повлияли на консервацию проекта, однако, изучая вопрос в геополитическом ключе, следует отметить, что именно в рассматриваемый период власти Армении сделали выбор в пользу евразийской интеграции, а в 2013 г. они официально заявили об этом. Членство Армении в ЕАЭС позволило значительно снизить тарифы на природный газ для армянского рынка – со 189 *долл. США* в 2013 г. до 150 *долл. США*.

Наряду с этим важно констатировать, что это членство открывает для Арцаха дополнительные возможности, так как позволяет активизировать товарооборот и привлечь инвесторов. Следует отметить, что за последние три года экспорт в Россию из Армении, состоящий в основном из продукции сельского хозяйства и пищевой промышленности, вырос на

87%. Товарооборот между двумя странами вырос более чем на 10% [4], что, разумеется, было обеспечено в том числе торговой активностью Арцаха. Как пишет армянский экономист Т. Манасерян, в процессе евразийской интеграции "…немаловажен вопрос Нагорного Карабаха, который де-факто является частью Армении, и со вступлением последней в союз она фактически выйдет на новый, огромный рынок. Было бы желательно, чтобы Нагорный Карабах также вступил в ЕврАзЭС как самостоятельный субъект, что также положительно повлияет на разрешение данного конфликта с Азербайджаном, особенно, если последний также присоединится к указанной форме экономической интеграции" [5].

Транспортно-логистические проблемы поставок арцахского угля в Армению

Несмотря на то, что вышеуказанный проект не был реализован, тем не менее арцахский энергетический уголь следует рассматривать в качестве потенциального и стратегически важного направления диверсификации энергетической системы Армении. Разумеется, для полноценного использования этого потенциала необходимы соответствующие транспортные инфраструктуры. В настоящее время между Республикой Арцах и Арменией не действует железнодорожное сообщение, поэтому, при необходимости, уголь должен поставляться автомобильным транспортом на железнодороржный узел г. Варденис на севере Армении и оттуда по железной дороге – до Ереванской ТЭС. Длительное время автомобильная дорога, связывающая Армению с Арцахом (Варденис-Мартакерт), находилась в неудовлетворительном состоянии, и основная дорога, связывающая две армянские республики, проходила через Лачинский коридор.

Важными показателями социально-экономического развития территории являются уровень ее транспортной обеспеченности, состояние, плотность и конфигурация дорожной сети. Единственная железная дорога – Агдам-Степанакерт, функционирующая в Нагорном Карабахе в советский период, имеющая протяженность 18 *км*, располагала небольшим удельным весом в общем объеме грузовых перевозок. Основным видом транспорта являлся автомобильный. Главными дорогами, пересекающими территорию Нагорного Карабаха, были Евлах-Лачин и Евлах-Кельбаджар. Они имели союзно-республиканское значение и находились в более или менее удовлетворительном состоянии. В крайне плохом состоянии находились местные дороги, не говоря уже о том, что многие села вообще не имели непосредственной транспортной связи с районными и областными центрами. Дорожная сеть была построена таким образом, чтобы эта связь осуществлялась через соседние районы, расположенные за пределами автономной области. Была искусственно затруднена транспортная связь Нагорного Карабаха с Армянской ССР, хотя их разделял коридор шириной в 7 *км*. В условиях крайне плохого состояния этого участка дороги автомашины из Нагорного Карабаха в Армянскую ССР и обратно вынуждены были проезжать сотни километров по территории Азербайджанской ССР через Казах-Кировабад-Евлах-Агдам [6].

В результате Нагорный Карабах имел крайне слабые экономические связи с другими республиками СССР и, особенно, с Армянской ССР. По данным азербайджанской прессы, в экономических связях Нагорного Карабаха доля оборота с Грузинской и Армянской ССР составляла лишь 2%. На долю Армянской ССР приходилось всего 0,3% общей стоимости вывоза из области и 1,4% ввоза в область. Как было отмечено на заседании Президиума Верховного Совета СССР, связи Нагорного Карабаха даже с районами Азербайджана деформированы и не имеют взаимовыгодного характера [6].

Сложилась ситуация, когда карабахские армяне не могли полноценно использовать уже имеющуюся транспортную инфраструктуру, особенно с целью развития торговых связей с Армянской ССР. В частности, чтобы осуществить перевозку грузов или пассажиров из Нагорного Карабаха в Армянскую ССР, вместо 10-15 *км* надо было проехать более чем 400-километровую дорогу, пролегающую по территории Азербайджана. Таким образом, лачинский отрезок дороги годами не ремонтировался, в то время как для армян Нагорного Карабаха эта дорога имела как экономическое, так и морально-психологическое значение.

Осознавая стратегическое, политико-экономическое значение Лачинского коридора, после его освобождения армянской стороной проводилась политика его скорейшей реконструкции и восстановления исторической сухопутной связи между двумя армянскими государствами. Со взятием Лачинского коридора была прорвана блокада Карабаха и образован коридор в Армению, открывший возможности для военной и гуманитарной помощи. Отметим, что в октябре 1992 г. Азербайджаном была предпринята военная операция по возвращению контроля над коридором, которая закончилась полным провалом [7].

До освобождения Лачинского района Нагорный Карабах пребывал в условиях жесточайшей экономической блокады. Было прекращено электро- и газоснабжение. Единственным и весьма опасным способом переправки в Карабах необходимых продуктов питания, лекарств и т.д. были авиаперевозки с применением многоцелевых вертолетов “Ми-8” и приспособленных для грузоперевозок пассажирских самолетов “ЯК-40” и “АН-2” [8].

Эскалация Карабахского конфликта в апреле 2016 г. подчеркнула необходимость модернизации второй дороги, связывающей две армянские республики. В результате реализации решения Правительства РА, принятого на следующий день после устной договоренности о перемирии с Азербайджаном, на ремонт дороги Варденис-Мартакерт было выделено 2 *млн долл. США*. Уже в августе 2017 г. дорога была сдана в эксплуатацию, что позволило сократить путь из Армении в Арцах более чем на 20 *км*. Ввиду того, что строительство дороги было сопряжено с уже реализуемой программой восстановления автомобильной дороги Мартуни-Варденис-Сотк на территории Армении в рамках кредитных средств Всемирного Банка, сдача инфраструктуры в эксплуатацию стала важным этапом повышения транспортной безопасности не только Арцаха, но и Армении [9].

Выводы

1. Возможности становления Арцаха в качестве энергетически самодостаточного государства (что представляется возможным, принимая во внимание богатые гидроэнергетические ресурсы республики), а также перспективы развития энерготранспортных коммуникаций с Арменией могут стать локомотивом обеспечения экономической безопасности Арцаха и, следовательно, сформировать необходимое представление о нем в международном политическом дискурсе.
2. Диверсификацию энергосистемы Армении следует рассматривать также в контексте наращивания энергетического потенциала Республики Арцах. В Республике Арцах прогнозируется избыток электроэнергии, что, в свою очередь, можно рассматривать в качестве потенциального экспортного направления. Если в советские годы развитие энерготранспортной инфраструктуры Арцаха блокировалось со стороны Азербайджанской ССР, то сегодня проблемы экспорта, прежде всего, связаны со статусом Арцаха как непризнанного государства, осуществляющего внешнюю торговлю через зарегистрированные в Армении юридические лица. С другой стороны, необходимо принять во внимание также наличие в Арцахе запасов энергетического угля, пробные поставки которого в Армению хотя и потерпели наудачу, однако в будущем могут быть возобновлены при разработке новой модели развития армянской энергетики.

Литература

1. Теория международных отношений: Хрестоматия / Сост., науч. ред. и коммент. **П.А. Цыганков.** – М.: Гардарики, 2003. – 400 с.
2. Программа правительства НКР о проведении мероприятий по исследованию недр в 2013 г. // http://mnp.nkr.am/images/tsragrer/ynd.pdf
3. Министерство по охране природы и полезным ископаемым: Справка о полезных ископаемых в НКР //http://mnp.nkr.am/index.php?option=com_content&view=article&id=120&Itemid=120
4. Официальный сайт Евразийской комиссии // www.eurasiancommission.org
5. **Манасерян Т**. Присоединение Армении к ЕВРАЗЭС: миф и реалии //http://www.soyuzinfo.am/rus/analitics/detail.php?ELEMENT_ID=216
6. **Валесян Л.А., Мурадян Ю.А**. О некоторых итогах и проблемах экономического развития Нагорного Карабаха // Вестник общественных наук АН Армянской ССР // file:///C:/Users/Uset/Desktop/1989-5%25283%2529.pdf
7. **Жирохов М.А.** Семена распада: войны и конфликты на территории бывшего СССР. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. - 688 с.
8. 22 года тому назад была прервана блокада НКР // www.panarmenian.net/rus/details/178993/

9. **Давтян В.С., Арутюнян А.Р., Самвелян Л.Э.** Внешнеторговые проблемы НКР в условиях транспортной блокады // 21-й век: Информационно-аналитический журнал. – Ереван, 2017. – 3 (44). - С. 80-91.

10.04.2019.

Վ.Ս. Դավթյան

ԱՐՑԱԽԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆԻՑ ՀԱՅԱՍՏԱՆ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿ ԱԾԽԻ ՆԵՐԿՐՄԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ՍՊԱՌՆԱԼԻՔՆԵՐԻ ՀԱՄԱՏԵՔՍՏՈՒՄ

Ներկայացվել են Արցախի Հանրապետության էներգետիկ եւ էներգատրանսպորտային զարգացման հայեցակարգային հիմքերը Հայաստանի Հանրապետության հետ տնտեսական համագործակցության շարունակական խորացման միջոցով: Որպես այդ մոտեցման գիտական հիմք ընտրվել է նեոֆունկցիոնալիզմի տեսությունը: Տրվել են Արցախի Հանրապետությունից Հայաստան էներգետիկ ածխի ներկրման հիմնական խնդիրները: Բացահայտվել են ներկրման իրականացման հիմնական տնտեսական և քաղաքական նախադրյալները: Ներկայացվել են 2013թ. Երևանի ՋԷԿ իրականացված Արցախի ածխի մատակարարման նախագծի կասեցման հիմնական պատճառները: Վերլուծվել են մի շարք բնապահպանական կազմակերպությունների հայտարարությունները, համաձայն որոնց ՋԷԿ-ում ածխի օգտագործումը կկրկնապատկի ածխաթթու գազի արտանետումները: Ուսումնասիրվել են արցախյան ածխի մատակարարման հիմնական տրանսպորտային և լոգիստիկ խնդիրները:

Առանցքային բառեր. *Արցախ, Հայաստան, ածուխ, էներգետիկա, ջերմային կայաններ, տրանսպորտ, լոգիստիկա:*

V.S. Davtyan

OPPORTUNITIES FOR SUPPLY OF ENERGY COAL FROM THE REPUBLIC OF ARTSAKH TO ARMENIA IN THE CONTEXT OF THREATS TO NATIONAL SECURITY

The conceptual foundations of the development of the energy and energy transportation development of the Artsakh Republic through the permanent development of economic cooperation with the Republic of Armenia are presented. The theory of neofunctionalism was chosen as the scientific basis for substantiating this approach. The main problems of the supply of energy coal from the Republic of Artsakh to Armenia are considered. The main economic and political prerequisites for the implementation of supplies are identified. The key factors that prevented the supply of Artsakh coal to the Yerevan TPP in 2013 were identified. It was revealed that after the decision of the Armenian government to launch the project, a number of civilian institutions reacted violently, claiming that using coal at TPPs would double the carbon dioxide emissions in the atmosphere. The main transport and logistics problems of supply are analyzed.

Keywords*: Artsakh, Armenia, coal, energy, thermal power plants, transport, logistics.*

Давтян Ваге Самвелович – кандидат политических наук, доцент Российско-Армянского университета, президент НПО “Институт энергетической безопасности”

К юбилею иностранного члена Инженерной академии Армении, действительного члена Российской инженерной академии, президента НП "Европейская Инвестиционная Финансовая Группа" А р у с т а м я н а Э р н е с т а С а н а т р у к о в и ч а

Арустамян Эрнест Санатрукович является академиком Российской инженерной академии и Международной академии информатизации, вице-президентом Санкт-Петербургской инженерной Академии, иностранным членом Инженерной академии Армении.

Э.С. Арустамян прошел на производстве и в науке трудовой путь от начальника смены Кировоканского химкомбината до директора Московского химического завода, а затем заместителя генерального директора крупного НПО г. Москва.

Э.С. Арустамян является автором 3 монографий, более 65 научных работ, 27 рационализаторских предложений, 17 изобретений, в т.ч использованных при ликвидации катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Э.С. Арустамян был удостоен звания "Лучший рационализатор г. Москва".

В 1986 г. Эрнест Санатрукович Арустамян был в первых рядах ликвидаторов катастрофы на Чернобыльской АЭС.

В настоящее время Арустамян Э.С. является президентом Некоммерческого Партнерства развития потенциала внешнеторгового оборота "Европейская Инвестиционная Финансовая Группа", основными задачами которого являются: развитие экспортного потенциала предприятий малого и среднего бизнеса, развитие инновационной деятельности, а также привлечение инвестиций в промышленный и аграрный секторы экономики.

Э.С. Арустамян - крупный специалист в области разработки теоретических основ и реализации практических мер по привлечению инвестиций в реальный сектор экономики и развитию экспортного потенциала предприятий.

Он является одним из основных разработчиков технологии применения в экономической практике России неэмиссионных ценных бумаг – двойных и простых складских свидетельств.

В 1998 – 2000 гг. входил в состав Рабочей группы при Кабинете министров Чувашской Республики по внедрению складских свидетельств в экономику Республики.

В 1997 году входил в состав Рабочей группы Газпрома по проблеме развязки неплатежей и реструктуризации задолженности предприятий.

Производственная и научная деятельность академика Арустамяна широко известна специалистам по многочисленным публикациям в журналах, сборниках, выступлениям на конференциях в регионах России и за рубежом (Франция, Чехия, Нидерланды, США).

В 2017 г. решением Экспертного совета Всероссийского комитета по общественным наградам и званиям президенту НП "Европейская Инвестиционная Финансовая Группа" Арустамяну Эрнесту Санатруковичу вручен орден "Почетный гражданин России" за вклад в укрепление экономической мощи, процветание и благополучие России.

Ученые степени (звания), государственные и общественные награды:

- 1970 г. - кандидат технических наук;
- 2017 г. - орден "Почетный гражданин России" за вклад в укрепление экономической мощи, процветание и благополучие России;
- 2001 г. - академик Российской инженерной академии;
- 2019 г. - вице-президент Санкт-Петербургской инженерной академии;
- 2018 г. - иностранный член Инженерной академии Армении;
- 2000 г. - академик Международной академии Информатизации;
- 1997 – 2000 гг. - член Политического Консультативного Совета (ПКС) при Администрации Президента Российской Федерации;
- 2000 г. - вице-президент Чувашского отделения Международной академии Информатизации;
- 2000 г. - заслуженный деятель Чувашской национальной культуры;
- 2000 г - лауреат Чувашской Национальной премии им. Ивана Яковлевича Яковлева;
- 1986 г. - участник ликвидации катастрофы на Чернобыльской АЭС;
- 2000 г. - член Международного Сообщества Писательских Союзов;
- 2000 г. - член Союза Чувашских писателей;
- 2002 г. - член Президиума Всечувашского Общественно-культурного центра (ЧОКЦ);
- ветеран труда.

В связи с юбилеем Арустамян Эрнест Санатрукович был награжден высшей наградой Международной инженерной академии - орденом Инженерной славы и высшей наградой Инженерной академии Армении - Золотой медалью.

Поздравляем Арустамяна Эрнеста Санатруковича с юбилеем, желаем ему крепкого здоровья и успехов в дальнейшей работе.

Совет президентов Международной инженерной академии
Президиум Российской инженерной академии
Президиум Инженерной академии Армении
Президиум Санкт-Петербургской инженерной академии
Редакционный совет Международного научного журнала "Вестник Инженерной академии Армении"

Բ Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

Բոստանջյան Վ.Բ.	
ԵԱՏՄ ՇՐՋԱՆԱԿՆԵՐՈՒՄ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՋԱՐԳԱՑՄԱՆ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ՀԻՄՆԱԽՆԴԻՐՆԵՐԸ	5
Մանասերյան Թ.Ն.	
ՆԵՐԴՐՈՒՄՆԵՐԸ ԵՎ ՆՈՐԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳՈՒՄ	11
Առուստամյան Է.Ս.	
ՆԵՐԴՐՈՒՄՆԵՐԸ ՏՆՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ԻՐԱԿԱՆ ՍԵԿՏՈՐՈՒՄ	19
Առաքելյան Ա.Լ., Գարեգինյան Ա.Գ., Խաչատրյան Ա.Գ.	
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱՊԱՀՈՎԱԳՐԱԿԱՆ ՇՈՒԿԱՅՈՒՄ ԳՈՐԾՈՂ ԸՆԿԵՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ԳՈՐԾՈՒՆԵՈՒԹՅԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ	28
Առաքելյան Է.Կ., Մինասյան Ս.Ա., Բաղրամյան Գ. Ք.	
T-125/150 ՇՈԳԵՏՈՒՐԲԻՆԻ ԽՈՐԸ ԲԵՌՆԱԹԱՓՄԱՆ ՄԻՋՈՑՈՎ ՇԳՏ-450-Ի ԿԱՐԳԱՎՈՐՄԱՆ ՏԻՐՈՒՅԹԻ ԸՆԴԼԱՅՆՄԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՆՊԱՏԱԿԱՀԱՐՄԱՐՈՒԹՅՈՒՆԸ	34
Վարդանյան Ա.Հ.	
ԿԵՆՍԱԶԱՆԳՎԱԾԻ ԳԱԶԻՖԻԿԱՑՈՒՄ. ԱՐԴԻ ՎԻՃԱԿԸ	45
Գուսև Բ.Վ., Ֆայվուսովիչ Ա.Ս.	
ԲԵՏՈՆԻ ԿՈՌՈԶԻԱՅԻ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ԿԱՏԱՐԵԼԱԳՈՐԾՄԱՆ ՈՒՂՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ	54
Նիկուլին Վ.Ա.	
ՌԵԱԼ (ԻՐԱԿԱՆ) ՀԵՂՈՒԿՆԵՐԻ ՇԱՐԺՄԱՆ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ՀԱՐՑԻ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ	59
Շեկյան Հ.Գ.	
ՈՉ ԳԾԱՅԻՆ ՏԱՏԱՆՈՂԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ	71
Բելուբեկյան Մ.Վ., Սարգսյան Մ.Գ., Սարգսյան Ի.Մ.	
ՊԻԵԶՈԷԼԵԿՏՐԻԿ ՈՒՂՂԱՆԿՅՈՒՆ ԲԻՄՈՐՖ ԿԱՌՈՒՑՎԱՑՔԻ ՇԱՐԺԱԲԵՐԻ (ԱԿՏՈՒԱՏՈՐ) ԱՌԱՁԳԱԿԱՆ ՏԵՂԱՓՈԽՈՒՄՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ՈՒՂՂԱՀԱՅԱՑ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԴԱՇՏՈՒՄ	80
Մելիքյան Վ.Շ. , Մարտիրոսյան Մ.Կ.	
14 ՆԱՆՈՄԵՏՐԱՆՈՑ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՀԱՄԱՐ ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՍԽԵՄԱՆԵՐԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՆԱԽԱԳԾՄԱՆ ԿԱՆՈՆՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ	86
Տանին Լ.Վ.	
ՌԵԶՈՆԱՆՍԱՅԻՆ ՕՊՏԻԿԱՅԻ ՄԵԹՈԴՆԵՐՈՒՄ ԿԼԱՆՄԱՆ ՈՒԺԵՂ ԳԾԵՐՈՎ ԱՏՈՄԱԿԱՆ ՄԻՋԱՎԱՅՐԵՐԻ ԱՆՈՒՄԱԼ ԴԻՍՊԵՐՍԻԱՆ	91
Դավթյան Վ.Ս.	
ԱՐՑԱԽԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆԻՑ ՀԱՅԱՍՏԱՆ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿ ԱԾԽԻ ՆԵՐԿՐՄԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ՍՊԱՌՆԱԼԻՔՆԵՐԻ ՀԱՄԱՏԵՔՍՏՈՒՄ	101
Առուստամյան Էռնեստ Սանատրուկի	
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՃԱՐՏԱՐԱԳԻՏԱԿԱՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԱՐՏԱՍԱՀՄԱՆՅԱՆ ԱՆԴԱՄ, ՌՈՒՍԱԿԱՆ ԻՆԺԵՆԵՐԱԿԱՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԻՍԿԱԿԱՆ ԱՆԴԱՄ, «ԵՎՐՈՊԱԿԱՆ ՆԵՐԴՐՈՒՄԱՅԻՆ ՖԻՆԱՆՍԱԿԱՆ ԽՄԲԻ» ՆԱԽԱԳԱՀԻ ՀՈՐԵԼՅԱՆԻ ԱՌԹԻՎ	106

СОДЕРЖАНИЕ

Бостанджян В.Б.	
ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ В РАМКАХ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА ……	5
Манасерян Т.Н.	
ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ В СИСТЕМЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АРМЕНИИ ……	11
Арустамян Э.С.	
ИНВЕСТИЦИИ В РЕАЛЬНЫЙ СЕКТОР ЭКОНОМИКИ ……	19
Аракелян А.Л., Гарегинян А.Г., Хачатрян А.Г.	
АНАЛИЗ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОМПАНИЙ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА РЫНКЕ СТРАХОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ ……..	28
Аракелян Э.К., Минасян С.А., Баграмян Г.К.	
ТЕХНИЧЕСКАЯ ВОЗМОЖНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ РАСШИРЕНИЯ РЕГУЛИРОВОЧНОГО ДИАПАЗОНА ПГУ-450 ПУТЕМ ГЛУБОКОГО РАЗГРУЖЕНИЯ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ Т-125/150 …….....	34
Варданян А.А.	
ГАЗИФИКАЦИЯ БИОМАССЫ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ……....	45
Гусев Б.В., Файвусович А.С.	
НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ КОРРОЗИИ БЕТОНА ……....	54
Никулин В.А.	
К ВОПРОСУ ОБ ОСНОВНЫХ УРАВНЕНИЯХ ДВИЖЕНИЯ РЕАЛЬНЫХ ЖИДКОСТЕЙ	59
Шекян Г.Г.	
ОБ УСТОЙЧИВОСТИ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	71
Белубекян М.В., Саргсян М.Г., Саргсян	
ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЯМОУГОЛЬНОГО АКТЮАТОРА БИМОРФНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПОПЕРЕЧНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ	80
Меликян В.Ш., Мартиросян М.К.	
РАЗРАБОТКА ПРАВИЛ ФИЗИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ ДЛЯ 14-НАНОМЕТРОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	86
Танин Л.В.	
АНОМАЛЬНАЯ ДИСПЕРСИЯ АТОМАРНЫХ СРЕД С СИЛЬНЫМИ ЛИНИЯМИ ПОГЛОЩЕНИЯ В МЕТОДАХ РЕЗОНАНСНОЙ ОПТИКИ	91
Давтян В.С.	
ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТАВОК ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УГЛЯ ИЗ РЕСПУБЛИКИ АРЦАХ В АРМЕНИЮ В КОНТЕКСТЕ УГРОЗ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	101
Арустамян Эрнест Санатрукович	
К ЮБИЛЕЮ ИНОСТРАННОГО ЧЛЕНА ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ АРМЕНИИ, ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО ЧЛЕНА РОССИЙСКОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ, ПРЕЗИДЕНТА НП “ЕВРОПЕЙСКАЯ ИНВЕСТИЦИОННАЯ ФИНАНСОВАЯ ГРУППА”	106

C O N T E N T S

Bostanjyan V.B.	
PROBLEMS OF CONTROL OF ARMENIA'S ECONOMIC DEVELOPMENT IN THE FRAMEWORK OF THE EAEU ……	5
Manaseryan T.N.	
INVESTMENTS AND INNOVATIONS IN THE SYSTEM OF ECONOMIC SECURITY OF ARMENIA ……....	11
Arustamyan E.S.	
INVESTMENTS IN REAL SECTOR OF ECONOMY……...	19
Arakelyan A.L., Gareginyan A.G., Khachatryan A.G.	
ANALYSIS OF THE ECONOMIC ACTIVITY OF COMPANIES ACTING IN THE MARKET OF INSURANCE OF THE REPUBLIC OF ARMENIA …….	28
Arakelyan E.K., Minasyan S.A., Baghramyan G.Q.	
TECHNICAL FEASIBILITY AND ECONOMIC EXPEDIENCE OF EXPANSION OF ADJUSTING RANGE OF SGP-450 BY MEANS OF DEEP UNLOADING OF STEAM TURBINE T-125/150 …….	34
Vardanyan A.H.	
BIOMASS GASIFICATION - STATE OF THE ART DESCRIPTION ……..	45
Gusev B.V., Fayvusovich A.S.	
NAVIGATIONS OF DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL THEORY OF CONCRETE CORROSION ……	54
Nikulin V.A.	
TO THE QUESTION OF MAIN EQUATIONS OF MOVEMENT OF REAL LIQUIDS,……..	59
Shekyan H.G.	
ON THE STABILITY OF NONLINEAR OSCILLATORY SYSTEMS ……	71
Belubekyan M.V., Sargsyan M.G., Sargsyan I.M.	
INVESTIGATION OF ELASTIC DISPLACEMENTS OF A PIEZOELECTRIC RECTANGULAR ACTUATOR OF A BIMORPH STRUCTURE UNDER THE TRANSFERS OF ELECTRIC FIELD ….....	80
Melikyan V.Sh. , Martirosyan M.K.	
PHYSICAL DESIGN RULE DEVELOPMENT FOR 14NM INTEGRATED CIRCUITS ……...	86
Tanin L.V.	
ANOMALOUS DISPERSION OF ATOMIC MEDIUM WITH STRONG ABSORPTION LINES IN THE METHODS OF RESONANT OPTICS ……	91
Davtyan V.S.	
OPPORTUNITIES FOR SUPPLY OF ENERGY COAL FROM THE REPUBLIC OF ARTSAKH TO ARMENIA IN THE CONTEXT OF THREATS TO NATIONAL SECURITY ……	101
ARUSTAMYAN ERNEST SANATRUK	
TO THE JUBILEE OF FOREIGN MEMBER OF ENGINEERING ACADEMY OF ARMENIA, FULL MEMBER OF RUSSIAN ENGINEERING ACADEMY, PRESIDENT OF "EUROPEAN INVESTMENT FINANCIAL GROUP" …….....	106

Հոդվածներին ներկայացվող պահանջները

Հոդվածները կարելի է ներկայացնել հայերենով, ռուսերենով և անգլերենով: Տեքստի տառատեսակը. հայերենը՝ **Sylfaen** (տառաչափը 10), ռուսերենը և անգլերենը՝ **Times New Roman** (տառաչափը 11), տողերի հեռավորությունը՝ 1, էջի ֆորմատը՝ *A4 (210x297 մմ)* , աշխատանքային դաշտը՝ 165x252 *մմ*, լուսանցքները. ձախից՝ 25 *մմ*, վերևից՝ 20 *մմ*, աջից՝ 20 *մմ*, ներքևից՝ 25 *մմ*:

1-ին էջի վերին տողում գլխատառերով և ստվերապատված, հոդվածի տեքստի լեզվով նշվում են՝ միջազգային դասիչը, հանդեսի լրիվ անվանումը, հապավումը (փակագծերում), տարեթիվը, հատորը և համարը՝ (ամբողջ տողը՝ հաստ (**bold**) 9 տառաչափով): Մեկ տող ներքև, ձախ անկյունում տրվում է ՀՏԴ -ն (ÓÄÊ)՝ ըստ ընդունված ստանդարտի, առնվազն վեցանիշ թվով, իսկ աջ անկյունում՝ հոդվածի բաժինը՝ գլխատառերով (ամբողջ տողը՝ **bold**, 11 տառաչափով):

Մեկ տող ներքև, տողի մեջտեղում տրվում են հեղինակի(ների) **Ա.Հ. Ազգանունը(ները)** (փոքրատառ, **bold,** 11 տառաչափով): Երկու տող ներքև, տողի մեջտեղում տրվում է հոդվածի վերնագիրը (գլխատառերով, **bold,** 12 տառաչափով), իսկ 2 տող ներքև, հոդվածի տեքստի լեզվով՝ համառոտագիրը (àííîòàöèÿ, 5 հատ **առանցքային բառերով** (բոլորը՝ մինչև 8 տող ծավալով, շեղատառերով (*Italic),* 10 տառաչափով): Համառոտագրից 2 տող ներքև: Պարբերությունները սկսվում են նոր տողից՝ 10 *մմ* ներսից:

Նկարները և աղյուսակները տեղադրվում են տեքստում այդ մասին նշում կատարելուց հետո, նույն կամ հաջորդ էջում և ունեն միջանցիկ համարակալում: Նկարի գրաֆիկական դաշտը հնարավորին չափ անհրաժեշտ է բեռնաթափել ավելորդ նշանակումներից և բացատրություններից, որոնք տեղափոխվում են նկարատակ արտահայտություն (*Italic,* 9 տառաչափով): Կոորդինատային առանցքների վրա պարտադիր է հԼ համակարգով ընդունված՝ մեծությունների չափողականությունների ներկայացումը (բացի տեսական կորեր կամ հարաբերական մեծություններ պարունակող գրաֆիկական նյութերից):

Աղյուսակները պետք է ունենան վերնագրային բացատրություններ և համարակալում, որոնք տրվում են *Italic,* 9 տառաչափով, իսկ աղյուսակի գլխամասի սյունակները՝ մեծությունների չափողականություններով: **Աղյուսակի թվային տվյալները չպետք է կրկնեն հոդվածի գրաֆիկական նյութերը:** Աղյուսակի մի հատվածը հաջորդ էջ տեղափոխելու դեպքում պարտադիր է սյունակների համարակալումը, որը կրկնվում է տեղափոխված աղյուսակի հատվածի գլխամասում: Հաջորդ էջը կամ ներքև տեղափոխված աղյուսակի հատվածի վրա նշվում է՝ … *Աղ. …- ի շարունակությունը…*(*Italic,* 9 տառաչափով):

Բոլոր տեղերում (համառոտագիր, տեքստ, նկար, աղյուսակ) չափողականությունները տրվում են *Italic,* 10 տառաչափով:

Բանաձևերը և մաթեմատիկական արտահայտությունները տրվում են *Microsoft Equation, Italic, 11 տառաչափով:* Բանաձևերը ներկայացվում են առանձին տողով և մեջտեղում, իսկ հիմնականները նաև համարակալվում են նույն էջի աջ անկյունում՝ փակագծերի մեջ: Ցանկալի է բանաձևերում կոտորակային արտահայտությունները ձևավորել **a/b** կամ $\mathbf{ab^{-1}}$ տիպի սիմվոլներով:

Հոդվածում օգտագործած գրական աղբյուրները, ըստ օգտագործման հերթականության, պետք է ունենան միջանցիկ համարակալում և տեքստում նշվեն՝ [1], [2],… տեսքով:

Հոդվածի վերջնամասից երկու տող ներքև, մեջտեղում նշվում է՝ **Գրականություն** արտահայտությունը (փոքրատառ, **bold,** 11 տառաչափով) և ըստ ընդունված ստանդարտի, 10 տառաչափով տրվում է գրականության ցանկը, որում հեղինակի(ների) **Ազգանունը Ա.Հ.-ն** կամ **առաջին բառը** ձևավորվում է **bold,** 10 տառաչափով: Ցանկալի է գրականության ցանկում ընդգրկել 6-8 անվանումից ոչ ավելի արդի հրատարակումներ:

Մեկ տող ներքև տրվում են հոդվածի ներկայացման ամսաթիվը և տարեթիվը:

Տեքստի վերջում, երկու տող ներքև հոդվածի տեքստի հետ չհամընկնող երկու այլ լեզուներով նույն ձևով կրկնվում է հոդվածի գլխամասը՝ հեղինակի(ների) **Ա.Հ. Ազգանունը, հոդվածի վերնագիրը** և համառոտագիրը:

Մեկ տող ներքև տրվում են հոդվածի հեղինակի(ների) **Ազգանուն(ներ), Անուն, Հայրանունը,** գիտ, աստիճանը, գիտ. կոչումը, կազմակերպության համառոտ անվանումը (փակագծերում) և հեռախոսների համարները:

Հոդվածը պարտադիր գրախոսվում և ներկայացվում է բնագավառի հայտնի մասնագետի կողմից, որը ձևակերպվում է խմբագրության մշակած ձևաթերթի համաձայն:

Հոդվածի ընդհանուր ծավալը չպետք է գերազանցի 8 էջը: Ժողովածուի ձևավորումը և հավաքումը հեշտացնելու նպատակով հեղինակներին առաջարկվում է լրիվ օգտագործել <u>հոդվածի վերջին էջի դաշտը:</u>

Վերոհիշյալ պահանջները բավարարելուց հետո հոդվածը ՝ A4 ֆորմատի վրա, տպված 2 օրինակով և գրված 3.5 ֆորմատի սկավառակով ներկայացվում է ժողովածուի պատասխանատու քարտուղարին: Հոդվածի վերջնական խմբագրումը հեշտացնելու նպատակով առաջարկվում է ներկայացվող օրինակներից մեկի տեքստը <u>տպագրել 12 տառաչափով և տողերի 1,5 հեռավորությամբ:</u>

Խմբագրական խորհուրդն իրավունք ունի պահպանել տերմինաբանական ընդունված նորմերը, կրճատել պարզունակ, կրկնվող և հանրահայտ նյութերը և վերջնական խմբագրել հոդվածները: Խորհրդի կողմից հրատարակման չերաշխավորելու դեպքում հոդվածի մեկ օրինակը մնում է խմբագրությունում:

Խմբագրական խորհուրդ

Правила представления статей

Статьи представляют на армянском, русском и английском языках. Шрифты: армянский – **Sylfaen** (размер 10), русский и английский - **Times New Roman** (размер 11) межстрочный интервал – 1; формат страницы – А4, рабочее поле - 165×252 мм; поля слева – 25 мм, сверху – 20 мм, справа – 20 мм, снизу – 25 мм.

В верхней строке 1 – го листа в левом углу указывают **УДК** согласно стандарту (минимум 6 цифр), а в правом – раздел сборника заглавными буквами (вся строка – **bold,** размер 11). Строкой ниже, в середине, указывается **И.О. Фамилия** автор(ов) (строчными буквами, **bold**, размер 11). На две строки ниже – в середине, заглавными буквами название статьи (**bold,** размер 12), еще на две строки ниже – **аннотация** на языке статьи с **ключевыми словами** (размер 10, Italic). Через две строки дается основной текст статьи. Новая строка дается отступом – 10 мм.

Формулы и математические выражения оформляются в *Microsoft Equation, Italic, размер 11*. Формулы представляют на отдельной строке, в середине, а при необходимости – нумеруют в правом углу той же строки, в скобках. Дробные выражения рекомендуется оформить в виде a/b или ab^{-1} и использовать символ exp.

Литературные источники в тексте указываются после статьи и представляются в сквозной последовательности: [1],[2], ...

На одну строку ниже дается дата представления статьи.

Далее приводятся аннотации да двух языках, не совпадающих с языком текста.

На одну строку ниже даются: **Фамилия, Имя, Отчество** автора(ов), уч. степень, звание, сокращенное название организации, где работает автор, № телефона.

Статья обязательно рецензируется известным специалистом или научным работником данной области и представляется на рассмотрение редакционного совета сборника. Общий объем статьи не должен превышать 8 стр.

Статью, напечатанную на формате А4, в 2 экземплярах, а также на диске формата 3,5, представляют ответственному секретарю сборника. Для облегчения процесса окончательного редактирования рекомендуется один экземпляр статьи напечатать размером шрифта 12 и межстрочным интервалом 1,5.

Редакционный совет имеет право производить окончательное редактирование.

В случае отказа в опубликовании один экземпляр статьи остается в редакции.

Редакционный совет

Rules for presenting articles

The articles can be presented in Armenian, Russian and English. The fonts are for Armenian – **Sylfaen** (font size 10), Russian and English – **Times New Roman** (font size 11); spacing – 1; page format – A4, working field - 166×252 mm; the margins: left – 25 mm, top 20 mm, right – 2 mm, bottom 25 mm.

In the above line of the first page on the left angel **UDC** must be written, according to the standard (minimum 6 digits), on the right angle – the section of the collection with capital letters (the whole line in **bold typeface** size 11).

With a line below in the middle of the page – **Name, Patronymic, Surname** of the author(s) with small letters in **bold typeface** (size 11).

Two lines below, in the centre of the page with capital letters – the title of the article (**bold typeface**, size 12) and two lines below – the abstract in the language of the article with **keywords** (size 10, Italic).

Two lines below the main text of the article is given. The new line is given with indentation – 10 mm..

The formulas and mathematical expressions have the form of *Microsoft Equation, Italic,* size 11.

The formulas are submitted on a separate line, and, if necessary, they must be numbered on the right angle of the same line, in brackets. The fractions are recommended in the form a/b or ab^{-1} and the symbol exp must be used.

The references in the text are written after the article and submitted sequentially [1],[2]...

One line below the date of submitting the article is given.

Afterwards the abstracts in two languages not coinciding with the language of the text.

One line below are written: **Surname, Name, Patronymic** of the author(s), scientific degree, title, the name of the organization in short, the working place of the author, the phone number.

The article should be reviewed by a well known specialist or scientific worker in the given field and submitted for examining to the editorial board of the collection. The total volume of the article must not exceed 8 pages.

The article must be typed by format A4, in two copies, as well as on a disk in format 3,5 and submitted to the executive secretary of the collection. To facilitate the process of final editing, it is recommended to type one copy with typeface 12 and in-between spacing 1,5.

The editorial board has the right to make the final editing.

In case of rejection to publish one copy of the article must be kept in the editorial office.

Editorial board

Համարի թողարկման պատասխանատու տ.գ.թ., դոց. **Ռ.Ն. Բարսեղյան**

Բաժինների պատասխանատուներ՝

Էկոնոմիկա և կառավարում՝ տնտ.դ., պրոֆ. **Ա. Գյուրջյան,** տ.գ.դ., պրոֆ. **Ս. Սիմոնյան,** տ.գ.թ. **Է. Առուստամյան**
Էլեկտրատեխնիկա և սարքաշինություն՝ տ.գ.դ., պրոֆ. **Մ. Բաղդասարյան,** տ.գ.թ., դոց. **Գ. Այվազյան**
Էներգետիկա՝ տ.գ.թ., պրոֆ. **Ռ. Մարուխյան,** տ.գ.թ., դոց. **Ա. Գևորգյան**
Լեռնահանքային արդյունաբերություն՝ երկ.գ.թ. **Հ. Ալոյան**
Ճարտարապետություն, քաղաքաշինություն և շինարարություն՝ տ.գ.դ., պրոֆ. **Գ. Գալստյան**,
ճարտ.դ., պրոֆ. **Յու. Սաֆարյան**
Մեքենաշինություն և մետալուրգիա՝ տ.գ.դ., պրոֆ. **Մ. Ստակյան,** տ.գ.դ., պրոֆ. **Ս. Աղբալյան**
Սննդի և թեթև արդյունաբերության տեխնոլոգիա՝ տ.գ.դ. **Վ. Գաբզիմալյան**
Ինֆորմատիկա, էլեկտրոնիկա և գիտական սարքաշինություն՝ տ.գ.դ., պրոֆ. **Ա. Առաքելյան,**
տ.գ.դ., պրոֆ. **Ա. Վարդանյան**
Քիմիական, կենսաբանական և բնապահպանական տեխնոլոգիաներ՝ ք.գ.դ., պրոֆ. **Գ. Թորոսյան**
Ռազմաճարտարագիտական հիմնահարցեր և կոլեկտիվ անվտանգության քաղաքական հայեցակարգեր՝
տ.գ.թ. **Ն. Թորոսյան**

Ответственные по секциям:

Экономика и управление – д.экон.н., проф. **А. Гюрджян**, д.т.н., проф. **С. Симонян,** к.т.н. **Э. Арустамян**
Электротехника и приборостроение – д.т.н., проф. **М. Багдасарян**, к.т.н., доц. **Г. Айвазян**
Энергетика – к.т.н., проф. **В. Марухян,** к.т.н., доц. **А. Геворгян**
Горнорудная промышленность – к.геол.наук **Г. Алоян**
Архитектура, градостроительство и строительство – д.т.н., проф. **Г. Галстян,** д.архит., проф. **Ю. Сафарян**
Машиностроение и металлургия – д.т.н., проф. **М. Стакян**, д.т.н., проф. **С. Агбалян**
Технология пищевой и легкой промышленности – д.т.н. **В. Габзималян**
Информатика, электроника и научное приборостроение – д.т.н., проф. **А. Аракелян,**
д.т.н., проф. **А. Варданян**
Химическая, биологическая и природоохранная технологии – д.хим.н., проф. **Г. Торосян**
Военно-инженерные проблемы и политические аспекты коллективной безопасности – к.т.н. **Н. Торосян**

Responsibles for sections:

Economics and Management – doctor of econ. sci., prof. **A. Gyurjyan,** doctor of tech. sci., prof. **S. Simonyan,**
cand. of tech. sci. **E. Arustamyan**
Electrotechnology and Instrumentation – doctor of tech. sci., prof. **M. Baghdasaryan,**
cand. of tech. sci., assoc. prof. **G. Ayvazyan**
Energetics – cand. of tech. sci., prof. **V. Marukhyan,** cand. of tech. sci., assoc. prof. **A. Gevorgyan**
Mining-Ore Industry – cand. of geol. sci. **H. Aloyan**
Architecture, Civil Engineering and Construction – doctor of tech. sci., prof. **G. Galstyan,**
doctor of architecture, prof. **Yu. Safaryan**
Mechanical Engineering and Metallurgy – doctor of tech. sci., prof. **M. Stakyan,**
doctor of tech. sci., prof. **S. Aghbalyan**
Technology of Food and Light Industry – doctor of tech. sci. **V. Gabzimalyan**
Information Systems, Electronics and Scientific Instrumentation – doctor of tech. sci., prof. **A. Arakelyan,**
doctor of tech. sci., prof. **A. Vardanyan**
Chemical, Biological and Nature Protection Technologies – doctor of chem. sci., prof. **G. Torosyan**
Military-Engineering Problems and Political Aspects of Collective Security – cand. of tech. sci. **N. Torosyan**

Հրատարակչական գործունեություն իրականացնող
Հայաստանի Ճարտարագիտական ակադեմիա
ՀՀԿ
Վկայական 03Ա 083738 / 15.12.08 /
երևան, Տերյան 105
հեռ (010) 564 207
E-mail: lraber@academy.am
Տպաքանակ՝ 110
Տպագրված է

հրատարակչությունում

Ամսագիրը վաճառքի ենթակա չէ

Խմբագիրներ՝ **Ժ.Ս. Սեյրանյան**
Ն.Ա. Խաչատրյան
Ն.Հ. Զաքարյան
Համակարգչային ձևավորումը՝
Լ.Բ. Մարտիրոսյան

Редакторы – **Ж.С. Сейранян**
Н.А. Хачатрян
Н.А. Закарян
Компьютерное оформление – **Л.Б. Мартиросян**

Editors – **Zh.S. Seyranyan**
N.A.Khachatryan
N.H. Zakaryan
Computer design – **L.B. Martirosyan**