

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ  
СИСТЕМЫ АРМЕНИИ

Нарине Виликовна Пирумян, Мигран Григорьевич Стакян\*,

Ангин Викторовна Мартиросян

*Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА**\*stakyan.mihran@yandex.ru*

*В статье изучены пути повышения производительности и тенденции роста объемов подачи газа в газотранспортной системе. Даны цель, задачи и методология, которые обоснованы применением стандартных программных пакетов для решения представленных задач в газотранспортной системе. Учтены рельефные особенности Армении. В обобщенном виде рассмотрены вопросы эксплуатационной надежности с использованием метода математического моделирования инфраструктурных элементов. Учтены также коррозионно-усталостные явления в газопроводах.*

**Ключевые слова:** *газотранспортная система, сварной шов, магистральный газопровод, прочность, долговечность и надежность системы*

**Введение**

Повышение производительности и рабочих скоростей современных газотранспортных систем (ГТС) требуют новых подходов к решению проблемы их надежности. По мере усложнения конструкций технических средств количественная оценка надежности ГТС стала острой необходимостью, поэтому вопросы надежности и несущей способности необходимо исследовать в едином комплексе. Усиление конкурентной борьбы на рынках сбыта газопродуктов исключает поставку оборудования с низкой надежностью или спроектированных с чрезмерным запасом прочности и долговечности.

Простои, связанные с устранением последствий отказов и неисправностей, составляют значительную часть рабочего времени ГТС. Для обеспечения надежной работы ГТС необходимо постоянно совершенствовать их конструкцию и технологию производства. Возможности экономии конструкционных материалов, имеющих тенденцию роста себестоимости, заложены в снижении массы ГТС крупносерийного и массового производств. Сравнительные качества оборудования оцениваются также показателями удельной массы и энергоэффективности, которые учитывают степень конструктивного совершенства и технологических возможностей ГТС.

Традиционный подход к расчетам на прочность, используемый в инженерной практике, не учитывает особенности переменного и случайного нагружения, механического поведения материала в области концентрации напряжений, которое имеет важное значение для оценки возникновения и развития микротрещин, приводящих к потере несущей способности и разрушению элементов ГТС. Недостаточно изучено также поведение конструкционных материалов в широком спектре изменения влияния окружающей среды – от влажности до интенсивных атмосферных осадков, влияния различных коррозионных сред, воздействия агрессивных газов и жидкостей, в значительной степени снижающих работоспособность ответственных деталей и узлов ГТС.

Другим важным положением является вероятностный подход к показателям прочности, долговечности и необходимость перехода от детерминистических к вероятностным методам расчетов ответственных элементов конструкций, позволяющим точнее оценить поведение конструкционных материалов при периодическом нагружении. Значительное увеличение объема расчетно-графических процедур диктует также необходимость разработки соответствующего программного обеспечения.

Целью исследования является создание методики расчета надежности механизмов и узлов газотранспортных систем, которая в отличие от традиционного метода расчета учитывает характер рассеяния показателей прочности и влияния коррозионных сред, позволяет за счет уточнения их вероятностных значений обеспечить минимальную материалоемкость конструкции, а также программное обеспечение расчетно-графических процедур.

Объектом исследования являются тяжело нагруженные и ответственные рабочие элементы узлов и агрегатов силовых систем ГТС.

Предмет исследования: методы расчета и прогнозирования надежности механизмов и узлов силовых систем указанного оборудования на воздухе и в коррозионных средах, проведение виртуального эксперимента на коррозионную усталость деталей ГТС для сокращения объемов испытаний, а также программное обеспечение задачи.

### **Материалы и методы**

Методология исследования основана на использовании положений теорий надежности, вероятностей и математической статистики, на методах и математическом аппарате для выполнения массовых статистических испытаний. Решение указанных статистических задач реализовано комплексной вычислительной программой, состоящей из автономно работающих нескольких подпрограмм в среде MATHCAD VII.

Информационной и экспериментальной базами исследования явились теоретические и методические разработки, выполненные в течение 1995-2022 гг., а также реальные данные производственной деятельности предприятий Республики Армения. Результаты исследования заключаются в развитии и реализации научно-методических основ обеспечения надежности рабочих элементов силовых агрегатов ГТС за счет уточнения расчетов их несущей способности с учетом вероятностных представлений усталости, влияния коррозионных сред, совершенствования методики экспериментов, и ввода программных средств в процессе проектирования оборудования.

Практическая значимость характеризуется комплексным эффектом, определяется рекомендациями по обеспечению и повышению прочности и надежности рабочих элементов ГТС, реализацией результатов исследований и научных положений в практику их эксплуатации, внедрение которых позволит снизить на 15...20 % трудоемкость и стоимость восстановления рабочих органов, увеличить ресурс в 1,8...2,0 раза, а срок их службы – до 1,6 раза при обеспечении повышения эксплуатационной производительности ГТС, в среднем, на 5% . Снижается объем испытаний в 8...10 раз, а общее время – от 4 до 7 раз.

**Особенности рельефа и состояние газотранспортной инфраструктуры Армении.** Газотранспортная система, как основной сектор социально-экономического комплекса Армении с ее геополитическим и географическим особым положением играет ключевую роль в удовлетворении потребностей экономики и населения страны при минимальных затратах всех видов ресурсов. В современных

условиях обеспечение энергетического ресурса и качества обслуживания населения являются не только важной социальной, но и экономической и общегосударственной проблемой [1, 2].

Одной из серьезных социально-экономических и экологических задач 21-го века является решение транспортных проблем в крупных городах и мегаполисах. Проблемы транспорта характерны практически для всех стран во всем мире, которые наиболее ярко проявляются в повышенном спросе горючесмазочных материалов и, как следствие, в образовании большого количества вредных выбросов, километровых пробок, заторов на дорогах и недостаточном количестве парковочных стоянок [1].

Республика Армения является страной со сложным рельефом и не имеющей выхода к морю - более 84 % территории является горной, 36,4 % территории Армении – горы, высокогорье, 76,5 % территории Армении находятся на высоте 1000...2500 м над уровнем моря. Самая низкая точка – около 350 м над уровнем моря, а самая высокая точка – 4096 м. Фактически разница в высоте в небольшой части страны составляет около 3500 м. Столица Армении – г. Ереван занимает 0,78 % от общей площади РА, концентрируя на своей территории более 30 % населения республики. Высота города над уровнем моря составляет 850...1420 м, а средняя высота - 1110 м. В г. Ереване сконцентрировано более 80 % экономики страны, 42 % всего промышленного потенциала, 53,9 % строительства, 82,6 % розничной торговли, 85,5 % услуг, 77,6 % жилого фонда и 33,2 % гостиничных услуг. Количество жителей г. Еревана составляло более 1,1 млн, территория – 227 км<sup>2</sup>, а плотность населения на 1 км<sup>2</sup> – 4900 чел. Приблизительно 50 % транспортных средств, зарегистрированных в республике, находится в г. Ереване. Все это создает определенные трудности в эффективной организации маршрутов, эксплуатации общественного транспорта и экологической безопасности города.

Город Ереван с трех сторон окружен горами и расположен в северо-восточной части Араратской долины, на обоих берегах реки Раздан. Административные районы города имеют разные высоты над уровнем моря: самые низкие точки находятся на юге – в административных районах Шенгавит и Малатия - Себастья, а самые высокие – в административных округах Аван и Нор Норк. Малый центр города – Площадь Республики - находится на высоте 1000 м над уровнем моря. Административные районы столицы отличаются также по количеству жителей. Так, по данным на 1 января 2015 г. самым густонаселенным районом столицы являлся Канакер-Зейтун, где плотность населения составила 96 чел./га, а в районе Нубарашен этот показатель составил всего 6 чел./га, средний же показатель по г. Еревану – 48 чел./га.

Географическое положение столицы препятствует естественному разгону загрязняющих веществ в атмосфере и приводит к их высоким концентрациям в воздухе. В настоящее время основным источником загрязнения воздуха в столице являются выбросы автомобилей, которые накапливаются в результате интенсивной эксплуатации дорожной сети. В 2017 г. 52 % от всех вредных выбросов в Армении приходился на автотранспорт, а в г. Ереване это составляло 76 %, что очень высоко, учитывая скромные зеленые зоны города. На одного жителя г. Еревана в 2015 г. приходилось 7,6 м<sup>2</sup> зеленой площади, между тем, по рекомендациям Международной организации здравоохранения минимальная площадь должна быть не менее 9,0 м<sup>2</sup>, а желаемая - 50,0 м<sup>2</sup>. В 2016 г. в Армении количество зарегистрированных автомобилей составило 558 540 ед., из них 400 029 или 71,6 % производились до 2002 г., которые уже не обеспечивают требования экологической безопасности. Если учесть, что более 60 % всех автотранспортных средств Армении эксплуатируются в г. Ереване или пригороде, то это создает серьезную экологическую проблему.

В 2000-2021 гг. потребление топлива транспортом увеличилось в 2,4 раза, при этом бензина – в 1,4 раза, дизельного топлива – в 2,3 раза, а сжатого природного газа – в 16,5 раза. В 2015 г. 58 % от общего количества употребляемого топлива составил сжатый природный газ (СПГ) (табл.1).

Таблица 1

*Количество вредных выбросов от автотранспорта в зависимости от вида топлива (тыс.т) [2]*

Год	Бензин	Дизтопливо	СПГ	Общее
2005	50,903	7,432	4,849	63,185
2010	52,006	8,566	10,386	70,958
2013	36,235	8,952	14,920	60,107
2014	35,588	9,330	15,729	60,648
2015	35,911	7,950	15,745	59,606
2017	42,396	8,963	16,434	67,790
2019	50,816	9,083	17,362	77,261
2021	80,290	9,218	18,417	107,925

Количество автобусов, работающих на бензине и СПГ, составляет 80 % и более подвижного состава, а количество микроавтобусов – около 95 %. Количество автобусов, работающих на дизтопливе, составило всего 19 %. В 2015 г. потребление СПГ автотранспортом составило 58 % от общего количества топлива, при этом вредные выбросы от СПГ составили всего 26 % от общих выбросов. Средний возраст общественных автобусов составляет, в среднем, 8...10 лет, микроавтобусов – 6...7 лет, а троллейбусов – более 20 лет. Плотный транспортный график и перегруженность автодорог в г. Ереване приводит к значительному снижению в часы пик средней скорости на главных дорогах, что составляет, в среднем: для автобусов – 20,2 км/ч, микроавтобусов – 20,8 км/ч, троллейбусов – 14,8 км/ч, в среднем – 18,6 км/ч. Это непосредственно влияет как на загрязненность воздуха, так и приводит к снижению производительности и непосредственно повышению себестоимости перевозок.

**Повышение работоспособности газотранспортной системы в РА.** Значительная доля затрат на обеспечение работоспособности ГТС в процессе эксплуатации приходится на ремонт. Основные причины высоких затрат на ремонт – нехватка конкретных нормативов и недостаточный учет эксплуатационных факторов. Исходя из вышесказанного, проблема разработки конкретных нормативов технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР) ГТС с использованием рационального измерителя процесса эксплуатации весьма актуальна. От ее решения во многом зависят производительность ГТС и себестоимость перевозок. Обеспечение высокой эффективности ее работы имеет важное социально-экономическое и экологическое значение [1, 3, 4].

Основными эксплуатационными факторами, влияющими на режимы работы элементов ГТС, являются средняя скорость, нагрузка на ГТС, среднегодовая и среднеквадратическое отклонение температуры воздуха, частота и характер колебаний подачи газа. Для повышения эффективности и надежности работы ГТС, а также экологической безопасности, важное значение имеют:

- определение отказов элементов ГТС, исходя из реальных условий их эксплуатации;
- выявление закономерностей распределения отказов;
- определение основных деталей, лимитирующих надежность механизмов и элементов ГТС;
- оценка качества работ по ТО и ТР, непосредственно влияющих на надежность;

- корректировка нормативов технической эксплуатации ГТС в зависимости от основных эксплуатационных факторов и работы;
- качество технической эксплуатации в целом;
- качество эксплуатационных материалов.

Все это в комплексе позволит значительно повысить надежность и безопасность эксплуатации ГТС, повысить ее производительность, что в конечном итоге позволит снизить эксплуатационные расходы и себестоимость подачи газа.

В последние годы экологическая безопасность г. Еревана становится все актуальнее, так как более 50 % от всего транспорта Армении эксплуатируются непосредственно в городе и в пригороде. С другой стороны, из-за особого географического расположения в г. Ереване затруднена естественная вентиляция города, что является причиной температурной инверсии, которая часто наблюдается в зимние месяцы.

**Надежность и безопасность работы элементов ГТС.** Проблема обеспечения надежности и безопасной работы технических устройств в различных эксплуатационных условиях (воздух, коррозионная среда), наряду с совершенствованием их конструкции, включает необходимость учета коррозионной устойчивости при проектировании ГТС. Наиболее распространенной причиной эксплуатационных разрушений элементов и механизмов ГТС является коррозионная усталость, представляющая собой одновременное воздействие агрессивной среды и циклических нагрузок, что приводит к значительным финансовым потерям, а порой и человеческим жертвам. Процесс усталостного разрушения материалов зависит от их природы, технологической обработки и условий циклического нагружения (среды, амплитуды напряжения). Коррозионная среда ускоряет процесс зарождения усталостных трещин и их последующее развитие, что приводит при низкоамплитудном нагружении к снижению сопротивления усталости металлических материалов в 1,5...3,5 раза. Прогнозирование и повышение долговечности в коррозионной среде имеет важное значение для ГТС. Коррозионные процессы в элементах конструкции оказывают существенное влияние на темпы накопления усталостных повреждений, в результате чего по мере нарастания срока службы ГТС темпы накопления усталостных повреждений возрастают до 1,4...2,5 раза, что необходимо учитывать при их эксплуатации.

### **Результаты и обсуждение**

Анализ колебаний конструкций ПГС показывает, что низшие собственные частоты составляют 0,70, 1,97 и 3,33 Гц. При этом невозможно удовлетворить требования, при которых все частоты были бы меньше 1,2 Гц. К тому же уменьшение частоты приведет к увеличению скорости действия фреттинг-процесса. Влияние технической эксплуатации (ТЭ) на себестоимость подачи газа определяется непосредственно статьями расходов на ТО и ТР, а также косвенным влиянием ТЭ на другие статьи себестоимости. Уровень организации и качества ТЭ оказывает существенное влияние на ряд других статей себестоимости. Главным условием повышения эффективности эксплуатации ГТС является обеспечение высокого и гарантированного уровня технической готовности систем путем правильной организации ТО и ТР, сокращения простоев под ремонт, т.е. путем оптимальной организации ТЭ [5-7].

При исследовании безотказной работы основных элементов ПГС с помощью программного пакета «MATLAB» была разработана программа, которая дает возможность определить показатели эксплуатационной надежности этих элементов в конкретных условиях эксплуатации. Выяснилось, что

периодичности ТО обеспечивают приемлемые низкие величины наработки вероятности безотказной работы  $P$ .

Надежность работы ГТС в эксплуатации зависит от ряда факторов, которые условно можно разделить на две группы: субъективные факторы, зависящие от индивидуальных особенностей разработчика-конструктора, изготовителя, эксплуатационника, и объективные, характер которых определяется эксплуатационными факторами, условиями и случайными воздействиями внешней среды [8, 9]. По характеру возникновения факторы делятся на конструктивные, технологические и эксплуатационные. Последние непосредственно влияют на надежность ГТС в процессе ее работы. Эксплуатационные факторы включают в себя как объективные факторы, обусловленные влиянием внешней среды, так и субъективные, связанные с организацией ТО и ТР, обеспечения запасными частями и квалификацией обслуживающего персонала.

Учет условий эксплуатации ГТС особенно важен при определении требуемых ресурсов (численность персонала, производственная база, запасные части), обеспечении заданного объема подачи газа корректированием нормативов, оценке эффективности работы предприятий ГТС и их технико-эксплуатационных качеств. При эксплуатации ГТС обычно различают транспортные, природно-климатические и сезонные условия, а также коррозионную агрессивность окружающей среды.

**Повышение надежности газотранспортных систем.** Конкурентоспособность и экономическая эффективность газотранспортных систем обычно оценивается интегральным критерием *цена/качество*. Это особенно актуально в новых экономических отношениях для ГТС, которая считается дотационной. В настоящее время в мире наблюдается тенденция предпочтения критериев качества, так как качественный товар приносит за свой жизненный цикл больше полезного эффекта, чем дешевый и некачественный. Среди критериев качества центральное место занимает надежность технических средств. Невозможно достичь высокой надежности оборудования с несовершенными элементами и агрегатами, поэтому одному из основных направлений повышения надежности является обеспечение необходимого технического уровня изделий [10-13]. Новые экономические реалии требуют увеличения эксплуатационных скоростей, тягово-динамических качеств при одновременном снижении их собственной массы, что ставит жесткие требования по критерию прочности к тяжело нагруженным деталям и узлам, которые в эксплуатации обычно отказывают по причине повреждений усталостного характера. Доля отказов по этой причине для ГТС достигает до 60 %.

Наиболее значимым фактором технического состояния ГТС, связанным с конструктивной безопасностью, является физический износ и коррозия комплектующих изделий. В связи с этим, особую актуальность приобретают вопросы прочности и коррозионной стойкости деталей и агрегатов оборудования [14-20].

Условия эксплуатации ГТС меняются в очень широких пределах и практически невозможно всех их учесть. Кроме того, аналитически не всегда возможно оценить напряженно-деформированное состояние деталей при различных случаях нагружения. Для решения этих проблем, во-первых, надо разрабатывать нормы прочности, во-вторых, в основу расчета норм прочности целесообразно принять стендовые условия нагружения, как наиболее определенные, легко воспроизводимые и проверяемые.

Для ГТС установлены следующие показатели надежности.

1. *Наработка на отказ* – отношение наработки ГТС за период наблюдения ( $t_H$ ) к числу отказов ( $n$ ) за время этой наработки:

$$\bar{t} = \frac{t_H}{n}. \quad (1)$$

2. *Удельная суммарная оперативная продолжительность ремонтов* - отношение средней суммарной оперативной продолжительности ТР к заданной наработке ГТС.

3. *Удельная суммарная оперативная продолжительность устранения внезапных отказов* - отношение средней суммарной продолжительности устранения внезапных отказов к заданной наработке.

4. *Удельная суммарная оперативная трудоемкость текущих, капитальных ремонтов и технического обслуживания* – каждый из этих показателей определяется отношением средней суммарной оперативной трудоемкости рассматриваемых ремонтов или обслуживаний к заданной наработке.

5. *Удельная суммарная стоимость текущих ремонтов или технического обслуживания* – отношение средней суммарной стоимости ТР или ТО к заданной наработке.

6. *Средний ресурс до первого капитального ремонта* – среднее значение срока службы до первого капитального ремонта.

Потребность производства в запасных частях на ремонт данного типа определяется согласно нормам на основе установленных коэффициентов замены с учетом изменения незавершенного производства:

$$\theta_{34} = Nnk_3 + q_{3ч} \pm N_H, \quad (2)$$

где  $N$  – число объектов ремонта, предусмотренное программой;  $n$  – число данных деталей в одном объекте;  $k_3$  – коэффициент замены;  $q_{3ч}$  – число запасных частей, необходимое для ремонта накопленной обменной серии сборочных единиц;  $N_H$  – предполагаемое изменение остатков незавершенного производства.

Коэффициент замены детали зависит от ее надежности и срока службы. Для погрузочно-разгрузочных работ размер накопленной серии деталей или сборочных единиц восстановления в зависимости от годового объема ремонта рекомендуется по формуле:

$$P_c = \sqrt{\frac{2NC_1}{T_p C_2}}, \quad (3)$$

где  $P_c$  – накопленная партия сборочных единиц, *шт.*;  $N$  – годовой объем ремонта ГТС;  $C_1$  - часть себестоимости ремонта единицы продукции, зависящая от величины восстанавливаемой серии;  $T_p$  – продолжительность производственного цикла сборочной единицы, *сут./шт.*;  $C_2$  – капитальные затраты предприятия, связанные с созданием накопленной партии объектов ремонта, отнесенные к одному дню эксплуатации.

Для ремонтных предприятий важным показателем является мобильность оборотных средств – оборачиваемость, которая определяется как

$$\tau_{об} = \frac{O_H T_{ц}}{\sum C_{оц}}, \quad (4)$$

где  $\tau_{об}$  – продолжительность оборота, *сут.*;  $O_H$  – нормируемые оборотные средства;  $T_{ц}$  – период, в течение которого исчисляется скорость оборачиваемости средств ( $T_{ц} = 360$  *сут.*),  $\sum C_{оц}$  – реализуемая продукция отпускных цен за этот же период.

Ускорение оборачиваемости оборотных средств достигается за счет сокращения производственных запасов, незавершенного производства и остатков отремонтированной продукции на складе готовой продукции.

### Заключение

Выполнено комплексное научно-практическое исследование по оценке несущей способности и надежности сложных технических систем, какими являются транспортные средства и логистическое оборудование различного назначения. Учитывая требования организации крупносерийного производства данных систем, повышение рабочих скоростей и производительности при минимальных расходах конструкционных материалов, а также обеспечение их конкурентоспособности, проблема снижения материалоемкости и полного использования ресурса срока службы на данном этапе проектирования и изготовления приобретает первостепенное значение.

Одним из основных направлений решения этой проблемы является уточнение методов расчета несущей способности и надежности ГТС при комплексном учете ряда мероприятий: факторов конструктивного, технологического и эксплуатационного характера, стохастичности сложного нагружения, влияния атмосферного воздействия и различных коррозионных сред, механизма возникновения и развития циклических повреждений.

### Список литературы

- [1] **Л.Н. Александровская, Л.Н. Аронов, В.И. Круглов**, Безопасность и надежность технических систем: учебное пособие, Логос, Москва, 2008, 376.
- [2] **А.С. Алпеев**, Основные понятия безопасности, Надежность и контроль качества 7 (1994) 29-40.
- [3] Надежность в машиностроении, справочник под ред. **Шашкина В.В., Карзова Г.П.**, Политехника, Санкт-Петербург, 1992, 719.
- [4] **В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов и др.**, Надежность и ремонт машин, под ред. **В.В. Курчаткина**, Колосс, Москва, 2000, 776.
- [5] **И.Н. Кравченко, И.Н. Кравченко, Н.В. Шилина, Е.А. Пучин и др.**, Технико-экономическое обоснование инженерных решений по эксплуатации и ремонту машин: учебное пособие к дипломному проектированию, УМЦ «Триада», Москва, 2006, 146.
- [6] **О.И. Стеклов**, Стойкость материалов и конструкций к коррозии под напряжением, Машиностроение, Москва, 1990, 384.
- [7] **М.Н. Степнов, А.В. Шаврин**, Статистические методы обработки результатов механических испытаний: справочник, Машиностроение, Москва, 2007, 400.
- [8] **Е.В. Бондаренко**, Повышение эффективности эксплуатации и экологической безопасности автотранспортной системы на основе ресурсосберегающих технологий: дис....доктора техн.наук, Оренбург, 2005, 285.
- [9] **Е.А. Пучин, О.Н. Дидманидзе, И.Н. Кравченко и др.**, Технология ремонта машин: учебник для вузов, под ред. **Е.А. Пучина**, УМЦ «Триада», Москва, 2006, Ч.II, 284.
- [10] **Г.Г. Багдасарян**, Улучшение эксплуатационной надежности и нагрузочных характеристик автомобильного двигателя среднего класса, работающего на природном газе: автореф...канд.техн.наук, ГИУА, Ереван, 2010, 22.
- [11] **В.В. Клюев**, Надежность машин: ТIV-3, Машиностроение, Москва, 2003, 592.
- [12] **Н.А. Махутов, Ю.Г. Матвиненко**, Этапы развития методов механических испытаний, Заводская Лаборатория 68(1) (2002) 80-83.
- [13] **Э.А. Сухарев**, Теория эксплуатационной надежности машин, Издавництво УДАВГ, Ривне, 1997, 162.
- [14] **В.И. Астафьев, Л.К. Ширяева**, Накопление поврежденности и коррозионное растрескивание металлов под напряжением, Изд-во «Самарский университет», Самара, 1998, 123.

- [15] **Д.Н. Гаркунов, Э.Л. Мельников**, Основные направления снижения износа машин и механизмов путем решения трибологических проблем в промышленности и на транспорте, Ремонт. Восстановление. Модернизация 3 (2007) 2-9.
- [16] **Л.М. Рыбакова, Л.И. Куксенова**, Структура и износостойкость металла, Машиностроение, Москва, 1982, 209.
- [17] **С.С. Чибухчян, М.Г. Стакян**, Надежность механических систем транспортных средств и логистического оборудования, Механизация строительства 2(827) (2015) 30-33.
- [18] Fatigue in the Presence of Corrosion, RTO Proceedings 18, Papers Presented at the Workshop of the RTO Applied Technology (AVT) Panel, held in Corfu, Greece, 7-8 October, 1998, AC/323(AVT) TP/8, NATO; Research and Technology Organization, BP 25, 7 Rue Ancell, F-92201, Neully-Sur-Seine, Cedix, France, 1999, 116-120.
- [19] **R.P. Gangloff, M.B. Ives**, Environment Induced Cracking of Metals, in: Proceedings of the conference held in Kohler, WI, 2-7 Oct. 1988, NACE-10 Houston, TX, 1990, 115-118.
- [20] **M. Goto, H. Nisitani**, Crack Initiation and Propagation Behavior of a Heat Treated Carbon Steel in Corrosion Fatigue, Fatigue Fracture Engineering Material Structure 15(4) (1992) 353-363.
- [21] **D.W. Hoepner**, Corrosion and Greeting as Critical Aviation Safety Issues ICAF 95, Estimation, Enhancement and Control of Aircraft Fatigue Performace, Vol.1, **D.W. Hoepner, G.S. Jost: Edited by J.M. Grandage**, in: Proceedings of the 18<sup>th</sup> Symposium on the International Committee of Aeronautical Fatigue, 3-5 May, 1995, Melbourne, Australia. West Midlands, U.K.: EMAS, Warley, 1995, 87-106.
- [22] **В.Н. Пряхин, В.Б. Храпов, С.С. Чибухчян и др.**, Повышение надежности сложных технических систем АПК при нескольких ограничениях, Вестник Междунар. Общ. Акад.эколог.безоп. и природопольз. (МОАЭБП), 2009, Вып. №7(14), 27-32.
- [23] **Г.В. Карпенко**, Физико-химическая механика конструкционных материалов, Наукова думка, Киев, 1985, Т.1, 225, Т.2, 238.
- [24] **Е.Ю. Барзилович**, Модели технического обслуживания сложных систем, Высшая школа, Москва, 1982, 231.
- [25] **М.Р. Росин, В.С. Булыгин**, Статистическая динамика и теория эффективности систем управления, Машиностроение, Москва, 1981, 312.
- [26] **М.Г. Стакян, Ш.Дж. Систани, М.Э. Айказян**, Математическое моделирование процесса упрочнения рабочих поверхностей, Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН 66(1) (2013) 61-68.
- [27] **М.Г. Стакян, Г.Г. Миракян, Э.А. Маргарян**, Математическое моделирование процесса коррозионного усталостного разрушения, Вестник инженерной академии Армении 7(2) 2010 194-200.

## ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԳԱԶՍՏՐԱՆՍՊՈՐՏԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԱՐԴԻ ՎԻՃԱԿԸ

**Նարինե Վիլիկի Փիրումյան, Միհրան Գրիգորի Ստակյան\*, Անգին Վիկտորի Մարտիրոսյան**

*Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ*

*\*stakyan.mihran@yandex.ru*

*Հոդվածում ուսումնասիրված են արդի գազատրանսպորտային համակարգի արտադրողականության բարձրացման և մատուցվող գազի ծավալների աճի միտումները: Տրված են հետազոտության նպատակը, խնդիրները և մեթոդաբանությունը, որը հիմնավորված է համակարգում առաջադրված խնդիրների լուծմանն ուղղված ստանդարտ ծրագրային փաթեթների կիրառմամբ: Հաշվի են առնված Հայաստանի ռելիեֆային առանձնահատկությունները: Ընդհանրացված*

արդյունքով դիտարկված են գազատարների շահագործական հուսալիության հարցերը, օգտագործելով ենթակառուցվածքային էլեմենտների մաթեմատիկական մոդելավորման մեթոդը: Հաշվի են առնված նաև գազատարներում կոռոզիոն-հոգնածային երևույթների ուսումնասիրումը:

**Բանալի բառեր.** գազատարանսպորտային համակարգ, եռակցված կար, մագիստրալային գազատար, ամրություն, համակարգի երկարակեցություն և հուսալիություն

## THE CURRENT STATE OF THE ARMENIA'S GAS TRANSMISSION SYSTEM

**Narine Pirumyan, Mihran Stakyan\*, Angin Martirosyan**

*National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA*

\**stakyan.mihran@yandex.ru*

*The enhancement of productivity and trends in the growth of gas supply volumes in the gas transmission system are studied. The goal, objectives and methodology are presented, which are maintained by the application of standard software packages to solve the presented tasks in the gas transmission system. The relief peculiarities of Armenia were taken into account. The issues of operational reliability are summarized, using the method of mathematical modeling of infrastructure elements. Corrosion and fatigue phenomena in gas pipelines are also taken into account.*

**Keywords:** *gas transmission system, welded seam, main gas pipeline, strength, system durability and reliability*

**Փիրումյան Նարինե Վիլիկի, տ.գ.թ.** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, ավագ գիտաշխատող, (+374)77700901, [pirumyan@gmail.com](mailto:pirumyan@gmail.com), **Ստակյան Միհրան Գրիգորի, տ.գ.դ., պրոֆեսոր** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, ավագ գիտաշխատող, (+374)10554362, (+374)33554560, [stakyan.mihran@yandex.ru](mailto:stakyan.mihran@yandex.ru), **Մարտիրոսյան Անգին Վիկտորի, տ.գ.թ., դոցենտ** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Մաթեմատիկայի, շինարարական մեխանիկայի և ֆիզիկայի դեպարտամենտ, (+374)94762396, [angin84@mail.ru](mailto:angin84@mail.ru)

**Пирумян Нарине Виликовна, к.т.н.** (РА, г. Ереван) - НУАСА, старший научный сотрудник, (+374)77700901, [pirumyan@gmail.com](mailto:pirumyan@gmail.com), **Стакян Мигран Григорьевич, д.т.н., профессор** (РА, г. Ереван) - - НУАСА, старший научный сотрудник, (+374)10554362, (+374)33554560, [stakyan.mihran@yandex.ru](mailto:stakyan.mihran@yandex.ru), **Мартirosян Ангин Викторовна, к.т.н., доцент** (РА, г. Ереван) - НУАСА, департамент Математики, строительной механики и физики, (+374)94762396, [angin84@mail.ru](mailto:angin84@mail.ru)

**Pirumyan Narine, doctor of philosoph (Ph.D) in Engineering** (RA, Yerevan) - NUACA, Senior scientific researcher, (+374)77700901, [pirumyan@gmail.com](mailto:pirumyan@gmail.com), **Stakyan Mihran, Doctor of Science (engineering), professor** (RA, Yerevan) - NUACA, Senior scientific researcher, (+374)10554362, (+374)33554560, [stakyan.mihran@yandex.ru](mailto:stakyan.mihran@yandex.ru), **Martirosyan Angin, doctor of philosoph (Ph.D) in Engineering, Associate Professor** (RA, Yerevan) - NUACA, Department of Mathematics, Structural Mechanics and Physics, (+374)94762396, [angin84@mail.ru](mailto:angin84@mail.ru)

Ներկայացվել է՝ 11.10.2024թ.

Գրախոսվել է՝ 12.11.2024թ.

Ընդունվել է սույազրույթյան՝ 25.12.2024թ.