



2. Зубков В.Ф. Синтез кинематических схем трансмиссий транспортных машин: Учеб. пособие / Волгоград. гос. техн. ун-т, Волгоград, 1999.

3. Шарипов В.М. Конструирование и расчет тракторов: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автомобиле- и тракторостроение" направления подготовки дипломированных специалистов "Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы". М.: Машиностроение, 2004.

4. Крейнес М.А., Розовский М.С. Зубчатые механизмы (выбор оптимальных схем). М.: Наука, 1972.

5. Красеньков В.И., Вашец А.Д. Проектирование планетарных механизмов транспортных машин. М.: Машиностроение, 1986.

6. Волков Д.П., Крайнев А.Ф. Трансмиссии строительных и дорожных машин. Справочное пособие. М.: Машиностроение, 1974.

7. Иванченко П.Н., Сушков Ю.А., Вашец А.Д. Автоматизация выбора схем планетарных коробок передач. Справочное пособие. Л.: Машиностроение, 1974.

8. Планетарные передачи. Справочник; под ред. Кудрявцева В.Н. и Кирдяшева Ю.Н. Л.: Машиностроение, 1977.

УДК 621.646

*Б.И. ЗАВОЙЧИНСКИЙ, д-р физ.-мат наук, проф.,
Э.Б. ЗАВОЙЧИНСКАЯ, канд. физ.-мат. наук, доцент (МГУ им. М.В. Ломоносова),
А.В. ВОЛЧАНИН,
тел. (495) 614-49-29*

Вероятностная оценка сроков службы протяженных конструкций при проектировании

Изложен оригинальный метод вероятностной оценки проектных сроков безопасной службы магистрального трубопровода. Классификация трубопроводов по продолжительности эксплуатации включает три класса, характеризующихся качеством проектных решений, качеством строительно-монтажных работ и эксплуатации, условиями механического, температурного и сейсмического нагружения конструкций и коррозионными воздействиями окружающей среды. Практическое применение методики проиллюстрировано расчетами проектных сроков безопасной службы участка современного магистрального газопровода.

Ключевые слова: ресурс; проектный срок безопасной эксплуатации; социальная безопасность; промышленная безопасность; экологическая безопасность; вероятность разрушения; интенсивность потока разрушений.

*B.I. ZAVOYCHINSKIY, Dr. phys.-math. science, prof.,
E.B. ZAVOYCHINSKAYA, p.h.d., assistant prof. (MGU by the name of M.V. Lomonosov),
A.V. VOLCHANIN*

Probability Estimation of Safe Operation Terms of Extended Designs at Designing

Original method of a probability estimation of safe service main pipeline design terms are stated. Classification of pipelines by duration of operation includes three classes, characterizing quality of design decisions, quality of civil and erection works and operation, conditions mechanical, temperature and seismic load designs and environment corrosive attacks. Practical application of technique is illustrated by calculations of a design resource of a modern main gas pipeline site.

Keywords: Resource; Design term of safe operation; Social safety; Industrial safety; Ecological safety; Probability of destruction; Intensity of a stream of destructions.

Современный системный подход к оценке сроков службы протяженных конструкций рассматривается на примере методики оценки сроков службы конструкций магистральных трубопроводов (газо-, нефте- и продуктопроводов) на стадии проектирования, использующей результаты реше-



ний проблемы длительной прочности протяженных конструкций под действием случайных эксплуатационных (функциональных) и внешних (природных) нагрузок и воздействий [1–4], а также проблемы оценки социальной, промышленной и экологической безопасности магистральных трубопроводов (МТ) [5, 6].

Постулат теории долговечности конструкций в вероятностной постановке: вероятность разрушения конструкции в течение срока ее безопасной эксплуатации не должна превышать социально и экономически приемлемого значения вероятности разрушения конструкции в течение социально и экономически приемлемого срока службы МТ.

Социально и экономически приемлемое значение вероятности разрушения конструкции обусловлено значениями приемлемого экологического риска для потенциально опасной зоны вокруг конструкции, статистических показателей эксплуатационных разрушений аналогичных конструкций и экономически и социально приемлемого срока ее службы. Приемлемый экологический риск для потенциально опасной зоны вокруг конструкции определяется приемлемыми суммарными значениями коллективного риска базовой возрастной группы, промышленного риска базовых объектов, экологического риска уничтожения флоры базового класса бонитета, экологического риска уничтожения базового вида фауны.

Предлагаемая методика учитывает потенциальное качество проектных решений по конструкциям трубопровода, технологии строительства, строительно-монтажных работ, прогнозируемое качество эксплуатации и регламентов проведения комплексной диагностики технического состояния конструкций, экономические аспекты и правила страхования объектов нефтегазовой промышленности [6–10].

1. Теоретические основы прогнозирования проектных сроков безопасной эксплуатации трубопровода по техническому состоянию

Линейная часть МТ представляется в виде суммы участков, заключенных между компрессорными или насосными станциями. Каждый участок состоит из суммы расчетных линейных участков, расположенных между смежными линейными и охранными кранами и включающих отводы к потребителю, и расчетных участков — переходов через искусственные и естественные преграды (переходы через автодороги, переходы через железные дороги, переходы через балки, переходы через водные преграды — реки, пруды и т.д.).

Смысловая схема расчетного участка МТ состоит из последовательного соединения семи обоб-

щенных конструктивных элементов (ОК $v = 1, \dots, 7$):

$v = 1$ — основной металл; $v = 2$ — кольцевые сварные соединения, $v = 3$ — продольные сварные соединения; соединительные детали: $v = 4$ — тройниковые соединения, $v = 5$ — отводы, $v = 6$ — переходники; $v = 7$ — днища [1–4].

ОКЭ содержит нормативные геометрические физические дефекты механического, технологического и эксплуатационного происхождения.

Процесс нагружения участка МТ рассматривают как случайный стационарный процесс. Его описывают конечной суммой, каждое слагаемое которой является произведением соответствующего дитерминированного модельного нагружения и нормированной случайной величины.

Модельное нагружение расчетного участка МТ — это нагружение его конструктивных элементов внутренним давлением, вектор-моментами (изгибающими и крутильными компонентами), вектор-силами (с продольной и перерезывающими компонентами) в поперечных сечениях трубопровода с учетом различных особенностей их пространственно-временного изменения в процессе эксплуатации МТ.

Предлагаемая классификация МТ по продолжительности эксплуатации включает три класса.

Модельным участком МТ k -го класса по долговечности ($k = 1, 2, 3$) является участок, конструкция которого соответствует проектному решению и который удовлетворяет соответствующим требованиям к техническому состоянию конструкции МТ на стадиях строительства и эксплуатации [4, 5].

По рассматриваемой методике предельным сроком эксплуатации ОКЭ расчетных участков ставятся в соответствие предельные сроки эксплуатации расчетных участков, а затем по предельным срокам эксплуатации расчетных участков определяется предельный срок эксплуатации участка МТ. Это обеспечивается использованием вероятностного принципа [4, 5].

Экспертную оценку сроков безопасной эксплуатации участка на стадии проектирования выполняют в соответствии с алгоритмом определения сроков службы участка, представленном на рис. (НДС — напряженно-деформированное состояние).

Блок-схема на рис. 1 включает следующие основные этапы расчета.

1. Используя конструктивное решение участка определяют НДС ОКЭ расчетного участка как пространственной протяженной стержневой системы под действием модельных нагрузок и воздействий в процессе испытаний и эксплуатации, включающих нормативные нагрузки и воздействия, возможные

