

К. С. КАРАПЕТЯН

О ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ В ОБЛАСТИ ТЕОРИИ ПОЛЗУЧЕСТВИ

В 1947—1949 годах разработана наиболее общая теория ползучести для стареющих материалов, в частности, для бетонов — теория упруго-ползучего тела [1]. Эта теория, которая была обобщена в монографии [2], получила всеобщее признание как у нас в Советском Союзе, так и за рубежом. Теоретические и экспериментальные исследования в этой области в Армянской ССР стали проводиться систематически с 1955 г., когда при АН АрмССР был создан Институт математики и механики, а при нем — специальная лаборатория ползучести и прочности материалов. Проведенные за 20 лет в этой лаборатории (которая с 1971 г. находится при Институте механики АН АрмССР) и других научно-исследовательских институтах, а также в высших учебных заведениях Армянской ССР исследования в области ползучести материалов сыграли важную роль в дальнейшем совершенствовании теории ползучести и в практическом применении. Сегодня Армянская ССР по праву считается одним из научных центров по этим исследованиям. За последние 5 лет в Армянской ССР состоялись Второе Всесоюзное совещание по проблемам ползучести и усадки бетона, а также Первый и Второй Всесоюзные симпозиумы по реологии грунтов.

В данной статье приводится краткий обзор теоретических и экспериментальных исследований в области теории ползучести, которые были выполнены учеными Армении за последние 5 лет.

Теоретические исследования

В работе [3] исследованы вариационные задачи теории ползучести бетона при решении статически неопределимых температурных задач. Обобщено вариационное уравнение Кастильяно для нелинейно-ползучей среды, находящейся в условиях высоких температур, с учетом температурных изменений упруго-мгновенной деформации и меры ползучести бетона. Дано конкретное применение теоремы Кастильяно для статически неопределимых балочных систем и, в частности, обобщен метод введения добавочной силы с учетом свойства ползучести материала. Выведено смешанное вариационное уравнение нелинейной теории ползучести, когда варьируются одновременно напряженное и деформированное состояния.

Использованием вариационных принципов теории ползучести бетона Маслова—Арутюняна разработана методика расчета железобетонных статически определимых и неопределимых конструкций [4—5]. Обобщена формула Кастильяно для выражения обобщенного перемещения железобетонной балки, когда учитывается наследственная ползучесть бетона.

Для иллюстрации применения полученных формул решен ряд конкретных задач строительной механики с учетом наследственной ползучести бетона.

В работе [6] исследована устойчивость гибких оболочек в условиях линейной ползучести. Уравнение равновесия пологой гибкой цилиндрической панели при поперечной равномерно распределенной нагрузке q сведено во втором приближении (несимметричная форма) по методу Бубнова—Галеркина к трем системам, каждая из которых состоит из четырех дифференциальных уравнений первого порядка по переменной t (время), разрешенных относительно производных. Задача определения критической нагрузки $q_{кр}$ решается на основе теории устойчивости движения Ляпунова, что доставляет необходимые и достаточные условия устойчивости в виде восьми алгебраических неравенств, содержащих частные решения при $t \gg T$ (T — сколько угодно большое число) упомянутых систем дифференциальных уравнений, соответствующих заданным фиксированным значениям q .

В работе [7] рассматриваются пологие гибкие оболочки (цилиндрические, двойной кривизны — прямоугольные в плане, сферические) при поперечной равномерно распределенной нагрузке q . На числовых примерах показана весьма важная характерная особенность работы гибких конструкций в условиях ограниченной ползучести, заключающаяся в том, что перемещения существенно возрастают с увеличением q .

Получено решение задачи в составных экспоненциально-неоднородных полосах, находящихся под действием теплового потока и взаимно-уравновешивающих нагрузок на ограниченном участке их стенок [8]. Путем представления функции Эйри в виде интеграла Фурье в комплексной форме задача сведена к решению системы 16 линейных алгебраических уравнений относительно функций, определяющих напряжения и перемещения.

В работе [9] в рамках теории пластической наследственности изучается напряженное состояние в полый сфере и во вращающейся трубе, находящейся в тепловом потоке, при действии давлений на поверхности. Задача сведена к уравнениям, для решения которых предложен видоизмененный метод последовательных приближений с численными иллюстрациями.

В монографии [10] излагаются методы решения задач кручения однородных и неоднородных тел постоянного и переменного сечения, находящихся в условиях неустановившейся ползучести, с учетом переменной во времени модуля мгновенной деформации материала. Нелинейные задачи решены методом малого параметра. Дано доказательство сходимости этого метода. Решения задач доведены до расчетных формул и числовых результатов.

В работе [11] доказывается, что решение плоской контактной задачи теории ползучести с учетом сил сцепления при двух участках контакта сводится к совместному решению связанных между собой двух интегральных уравнений. Дается решение этих уравнений. Рассматривается случай кососимметричного нагружения двух тел и одновременно указывается метод решения задачи в случае симметричного нагружения.

В работе [12] доказывается, что решение плоской периодической контактной задачи теории ползучести с учетом сил сцепления сводится к сов-

местному решению связанных между собой двух интегральных уравнений. Дается решение этих уравнений, когда не учитываются силы сцепления.

Экспериментальные исследования

В работах [13, 14] приведены результаты исследования ползучести бетона при постоянных и ступенчато-возрастающих растягивающих напряжениях с учетом фактора старения бетона. Исследования показали, что и при растяжении зависимость между напряжениями и деформациями ползучести бетона вообще нелинейна. Однако, до определенного уровня напряжения, которое зависит от возраста бетона в момент загрузки, нелинейность деформаций ползучести незначительна и поэтому можно принять, что практически имеет место линейная ползучесть.

На основании этих опытов установлено также, что длительное растяжение в зависимости от уровня напряжения и возраста бетона в момент длительного нагружения может привести как к снижению, так и к повышению прочности и модуля деформации бетона на растяжение [15].

В 1957 г. в Институте механики АН АрмССР впервые было установлено, что бетон в отношении прочности, модуля деформации и деформаций ползучести является существенно анизотропным материалом. Благодаря анизотропии в большинстве случаев прочность призм при испытании перпендикулярно слоям бетонирования меньше, а деформации больше, чем при испытании призм параллельно слоям бетонирования. Дальнейшие систематические исследования показали, что бетон анизотропен и в отношении прочности, модуля деформации и деформаций ползучести при растяжении. На основании этих исследований в СН и П 11—В.1—62* (Строительные нормы и правила) для учета анизотропии примененной прочности и прочности бетона при изгибе введен специальный коэффициент условий работы.

Учитывая важное научное и практическое значение этого вопроса, исследования анизотропных свойств бетона продолжают. В работах [16, 17] приводятся результаты исследования влияния анизотропии на прочность, деформативность и ползучесть керамзитобетона при сжатии и растяжении. Показано, что с увеличением возраста бетона к моменту испытания степень анизотропии керамзитобетона по прочности, модулю деформации и деформаций ползучести увеличивается, а с увеличением размеров поперечного сечения бетонного элемента — уменьшается. Установлено также, что водонасыщение старого бетона приводит к уменьшению его степени анизотропии по прочности и модулю деформации [18].

В работе [19], посвященной исследованию прочности, деформативности и ползучести бетона при сложном напряженном состоянии — растяжении с последующим кручением, установлено, что при данном напряженном состоянии растягивающее напряжение приводит к существенному увеличению деформаций ползучести сдвига (когда $\sigma_p/R_p = 0.3$, почти в два раза). При этом, если касательное напряжение не превышает половины предела прочности бетонных труб на кручение, то зависимость между касательными напряжениями и деформациями ползучести линейна.

В существующих теориях ползучести бетона принято, что ползучесть бетона не зависит от знака напряжения, то есть меры ползучести бетона при сжатии и растяжении равны. Однако, согласно исследованиям [20], отношение меры ползучести бетона при растяжении (C_p) к мере ползучести бетона при сжатии ($C_{сж}$) зависит от большого количества факторов и может быть меньше, равно и намного больше единицы. С увеличением сечения бетонного элемента $C_p/C_{сж}$ увеличивается, а с увеличением возраста бетона в момент длительного нагружения — уменьшается. При изолированных образцах $C_p/C_{сж}$ существенно больше, чем при изолированных образцах. Отношение $C_p/C_{сж}$ в большой мере зависит и от направления растягивающей и сжимающей нагрузок по отношению к слоям бетонирования.

В работе [21] приводятся результаты исследования влияния длительных постоянных и ступенчато-возрастающих сжимающих нагрузок на прочность и деформативность бетона. Показано, что в зависимости от возраста бетона и уровня напряжения в момент длительного нагружения длительное сжатие может привести как к снижению, так и к увеличению модуля деформации бетона при сжатии. Влияние длительного сжатия зависит также от режима нагружения образцов на ползучесть.

В работе [22] впервые показано, что при свободном влагообмене со средой общезвестная закономерность — уменьшение ползучести бетона при сжатии с увеличением сечения бетонного элемента, сохраняется не всегда. При невысокой влажности среды образцы небольших сечений в результате высыхания до нагружения могут существенно утратить способность к ползучести, поэтому сначала с увеличением размеров поперечного сечения бетонного элемента до некоторого размера ползучесть увеличивается, а затем с дальнейшим увеличением сечения — уменьшается.

Исследована ползучесть бетона при постоянных и ступенчато-возрастающих сжимающих напряжениях в зависимости от возраста в момент нагружения [23]. Установлено, что при ступенчато-повышающих напряжениях предел применимости принципа наложения воздействий в большой степени зависит от возраста бетона в момент нагружения. Для бетона, нагруженного в молодом возрасте, этот принцип справедлив в пределах условной линейной ползучести, а со старением бетона этот предел повышается до уровня напряжения, соответствующего $R_{акт}$. Показано, что для лучшего описания кривых ползучести коэффициенты α и β в функции напряжения теории нелинейной ползучести необходимо принять переменными, зависящими от длительности нагружения и возраста бетона.

В работе [24] приводятся результаты исследования влияния многократно повторной нагрузки на прочность, деформативность и ползучесть бетона в зависимости от базы испытания. Показано, что предварительное воздействие многократно повторной нагрузки приводит к уменьшению последующей ползучести бетона под длительной сжимающей нагрузкой (при базах испытания 70000 и 140000 циклов соответственно на 20 и 23%).

Исследовано также влияние длительного растяжения на прочность и деформативность бетона при растяжении в зависимости от масштабного фактора [25]. Установлено, что длительное растяжение приводит к сниже-

нию прочности на растяжение при последующем испытании бетона кратковременной нагрузкой, причем этот эффект зависит от масштабного фактора. Отмечено влияние длительного растяжения на модуль деформаций бетона.

Исследованию обратимости упруго-мгновенных деформаций и деформаций ползучести после разгрузки длительно обжатого бетона посвящена работа [26]. Показано, что с увеличением сечения бетонного элемента обратимые упруго-мгновенные деформации и деформации ползучести уменьшаются. Обратимость деформаций образцов, испытанных перпендикулярно слоям бетонирования, больше, чем образцов, испытанных параллельно слоям бетонирования.

В работе [27] рассматриваются результаты исследования прочности и деформаций цилиндрических бетонных оболочек при кручении с последующим сжатием. Установлено, что при кручении с последующим сжатием предварительное кручение не оказывает влияния на прочность цилиндрических бетонных оболочек на сжатие и кривая интенсивностей деформаций простого напряженного состояния — чистого сжатия, одновременно представляет кривую интенсивностей деформаций данного сложного напряженного состояния. В работе показано также, что бетон является разномодульным материалом. Исследована также ползучесть бетона при кручении с сжатием и показано, что при этом крутящий момент не оказывает влияния на продольные деформации ползучести, а с увеличением сжимающего напряжения деформации ползучести сдвига увеличиваются [28].

Работа [29] посвящена исследованию поперечных деформаций ползучести бетона. Установлено, что коэффициент поперечной деформации ползучести $\theta_2(t, \tau)$ в некоторый период после длительного нагружения больше, чем коэффициент поперечной деформации под кратковременной нагрузкой $\theta_2(\tau)$. С дальнейшим увеличением длительности нагружения $\theta_2(t, \tau)$ уменьшается до величины $\theta_2(\tau)$.

В работе [30] приведены результаты исследования усадки и ползучести легкого бетона на литондной пемзе в зависимости от некоторых технологических факторов. Авторы пришли к выводу, что все технологические факторы, способствующие уменьшению расхода цемента и воды, способствуют также уменьшению усадки и ползучести бетона. Этому же вопросу посвящена работа [31].

Влияние масштабного фактора на ползучесть изолированных бетонных балок исследовано в работе [32]. Установлено, что масштабный фактор оказывает существенное влияние на ползучесть сжатой зоны изолированных бетонных балок — с увеличением высоты балки деформации ползучести уменьшаются.

В течение 1971—1975 гг. проведена определенная работа и в области реологии глинистых грунтов. Исследования реологических свойств глинистых грунтов велись по трем основным направлениям: закономерности компрессионной и сдвиговой ползучести, термоползучести и виброползучести глинистых грунтов.

В работе [33] разработан новый метод определения семейства кривых ползучести при простом сдвиге испытанием трех образцов-близнецов. Ис-

исследована компрессионная ползучесть третичных и четвертичных глин естественного сложения приреванского района и установлено влияние геологического возраста и степени увлажненности на ползучесть [34]. Исследовано также разянтне во времени бокового давления плотной глины естественного сложения в зависимости как от величины нагрузки, так и от режима нагружения [35].

В работе [36] рассмотрен вопрос об использовании аппарата теории наследственной ползучести Г. Н. Маслова—Н. Х. Арутюняна для прогноза деформации во времени маловлажных просадочных грунтов, чувствительных к воздействию воды. Установлены закономерности ползучести и получены соотношения, в рамках указанной выше теории ползучести, для деформации формоизменения (сдвига) глинистых грунтов естественного сложения с учетом важнейшего для них фактора — изменчивости плотности-влажности под действием уплотняющих нагрузок [36—38].

В работе [39] установлена ранее неизвестная в механике грунтов закономерность деформации глинистых грунтов при сдвиге — независимость сдвиговой ползучести от состояния плотности-влажности (уплотняющего напряжения) в случае их определения при одинаковых значениях относительного касательного напряжения.

В работах [40, 41] приведены результаты разработки новой методики определения компрессионной термоползучести глинистых грунтов. Исследована компрессионная термоползучесть насыщененных глинистых грунтов при низких и высоких температурах [42—44]. В этих работах получены соотношения для записи закона компрессионной ползучести с учетом температурных эффектов многих характерных разновидностей глинистых грунтов естественного сложения. Для учета влияния температуры использовано понятие функции температуры, аналогичной функции старения теории наследственной ползучести и функции состояния в теории ползучести глинистых грунтов. Осуществлена проверка и доказана применимость (с той или иной степенью точности) теорий старения, упрочнения и наследственной ползучести для аппроксимации процессов деформирования во времени грунтов при переменных температурах и напряжениях. Установлены также закономерности и получены соотношения для аппроксимации деформации ползучести при сдвиге с учетом температурных эффектов [45, 46].

В работах [47—49] исследована виброползучесть глинистых грунтов и получены выражения мер ползучести, учитывающие влияние амплитуды и частоты колебаний на этот вид деформаций.

В 1971 г. впервые на армянском языке создано учебное пособие для вузов по лабораторным работам механики грунтов [50]. Кроме этого, опубликована монография, в которой обобщены работы последних лет, выполненные автором и его коллегами в области ползучести, термоползучести и виброползучести глинистых грунтов [51].

Проведена определенная работа и в области исследования ползучести металлов. В работе [52] получено, что в первых двух стадиях высокотемпературной ползучести ступенчатое уменьшение температуры приводит к существенному временному замедлению процесса ползучести, причем деформации, соответствующие первой стадии ползучести, оказываются необра-

жимыми при изменении температур. В связи с этим предложено видоизмененное нелинейно-наследственное уравнение, в общем правильно описывающее ползучесть при переменных температурах.

В работе [53] изучен вопрос адекватности влияния изменения напряжения и температур на явление высокотемпературной ползучести хромо-никелевой стали в первых двух стадиях в сравнении с предсказаниями теории упрочнения Малинина-Хажинского и видоизмененного уравнения наследственности на основе схемы Эндрейда в форме логарифмической аппроксимации. Получено, например, что уменьшение напряжения, сопровождающееся повышением температуры, приводит к временной обратной ползучести, наиболее точно предсказываемой теорией Малинина-Хажинского.

Высокотемпературная ползучесть хромо-никелевой стали в третьей стадии изучалась в работе [54]. Предложено феноменологическое операторное уравнение, с успехом описывающее деформации с возрастающей скоростью как при ступенчатом нагружении, так и при убывании действующих нагрузок.

В работе [55] приводятся результаты исследования высокотемпературной ползучести хромо-никелевой стали в третьей стадии при различных программах неравномерно-циклического приложения напряжений. Экспериментально подтвержден тезис о независимости скорости деформации ползучести в третьей стадии от наличия и продолжительности отдыхов, который вытекает из предложенного автором операторного уравнения. Построено обобщенное уравнение одноосной ползучести, учитывающее частичную обратимость деформаций, запаздывающую пластичность, а также 2-ю и 3-ю стадии ползучести, и дано экспериментальное подтверждение этого уравнения для случая многоступенчатых изменений напряжений.

В области полимерных композиционных материалов продолжались экспериментальные исследования прочности (статической и циклической) и ползучести стеклопластиков.

Исследована анизотропия усталостной прочности стеклопластика типа СВМ в зависимости от асимметрии цикла напряжений при осевой деформации [56]. Исследования показали, что под воздействием длительного нагружения в стеклопластике происходит изменение степени анизотропии усталостной прочности, зависящее от типа связующего, укладки волокон в композите, вида деформации и долговечности материала.

В работах [57, 58] исследована анизотропия статической и циклической деформативности стеклопластиков и ее влияние на разогрев. Установлено, что разрушение неизменно сопровождается повышением температуры до определенного значения при фиксированных условиях испытаний, зависящего только от свойства анизотропии, причем деформации также достигают своих критических величин, которые определяются видом деформации и свойством анизотропии материала.

Анизотропия усталостной прочности пластика в зависимости от вида деформации изучалась в работе [59]. Установлено, что прочность пластика при пульсирующем растяжении ниже, чем при сжатии, независимо от анизотропии. Изучение влияния термической обработки на усталостные свойства

тия нетканного стеклопластика привело к выводу, что она качественно не меняет кинетики циклической деформативности и разогрева, а в количественном отношении приводит к некоторому снижению усталостной прочности [60].

В работе [61] приводятся результаты исследования влияния предварительного пульсирующего растяжения на ползучесть при растяжении, а также на характер зависимости напряжение—деформация и предел прочности стеклопластика при кратковременном статическом растяжении. Показано, что модуль упругости при этом снижается примерно на 20%, а предел прочности — на 30%.

В работе [62] установлено, что при резонансном режиме нагружения стеклопластика типа СВМ его несущая способность исчерпывается при определенном и менее начальном значении частоты нагружения независимо от приложенного напряжения. Такое изменение в определенной мере служит количественной мерой повреждаемости материала. С этой точки зрения выявлено различие в характере разрушения стеклопластика в направлении армирования и в диагональном направлении.

Исследованию особенностей разогрева стеклопластика типа СВМ посвящена работа [63]. Показано, что высокотемпературный режим возникает тогда, когда в условиях высокой температуры разогрева происходят физико-химические превращения или же когда допускаются даже небольшие искажения в силовом режиме нагружения.

В работе [64] приводятся результаты исследования анизотропии выносливости ортогонально армированных стеклопластиков при циклическом перегибе. Исследования показали, что стеклошпаны на бутвар-фенольном связующем обладают относительно большей деформационной выносливостью, чем стеклошпаны на эпокси-фенольном связующем, а увеличение частоты перегиба не меняет характера усталости.

Работа [65] посвящена вопросу прогнозирования долговечности стеклопластиков по опытным данным механических свойств при кратковременном статическом нагружении. Для оценки малоциклового усталостного прочностного свойства стеклопластиков автором предложена зависимость $\sigma_{cr} = \sigma_{ст} N^{-0,05}$, где σ_{cr} — предел кратковременной прочности материала, N — число циклов до разрушения. Установлено удовлетворительное совпадение расчетных данных с имеющимися экспериментальными результатами.

В работе [66] приводятся результаты исследования влияния «отдыха» на ползучесть стеклопластиков типа СВМ. Установлено, что для принятого режима циклического нагружения (24 часа — нагрузка, 24 часа — «отдых») влияние «отдыха» тесно связано как с ориентацией образца, так и с величиной нагрузки.

Влияние нарушения структуры пластины СВМ на ее прочностные свойства изучалось в работе [67]. Под структурой в данном случае подразумевается заданное соотношение продольных и поперечных волокон пластины, которым в конечном счете определяются механические свойства пластины. Установлено, что нарушение порядка укладки стеклошпонов при составлении пакета приводит к нарушению заданного соотношения волокон пластины и к существенному изменению прочности стеклопластика.

В работе [68] исследована неоднородность линейного напряженного состояния при одноосном растяжении в окружном направлении (то есть при экспериментах на внутреннее давление) тонкостенных трубчатых образцов из стеклопластиков. Показано, что неоднородность напряженного состояния возникает в результате сил трения между уплотнительными кольцами, установленными в образце для создания замкнутого объема, и стенками образца. Неучет этих сил может привести к искажению действительной картины напряженного состояния.

Институт механики АН
Армянской ССР

Поступила 17 II 1976

Կ. Ս. ԿԱՐՊԵՏԻԱՆ

ՍՈՂԲԻ ՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ԲՆԱԿԱՎԱՌՈՒԹՅԱՆ ԵՎ
ՓՈՐՁԱԿԱՆ ՈՐՈՒԹՅԱՆ ԹԵՐԻՅԱԿՈՆՍԵՐՎԱՆՔԵՐԻ ԴԱՍԻՆ

Ս. մ. փ. ո. փ. ո. տ. մ.

Ավանդույթը բնօրգրվելի են սոզրի տեսության հարցերին նվիրված տեսական և փորձնական աշխատանքները, որոնք կատարվել են հայկական աստիճանափրոզների կողմից և տպագրվել են ՍՍՀՄ և ՀՍՍՀ պիտական հրատարակություններում 1971 թվականից:

ON THE THEORETICAL AND EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS IN THE THEORY OF CREEP

K. S. KARAPETIAN

S u m m a r y

The theoretical and experimental studies on the theory of creep carried out by Armenian investigators and published in the USSR and Armenian SSR are included in the survey.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арутюнян Н. Х. Напряжения и деформации в бетонных массивах с учетом ползучести бетона. Докл. АН АрмССР, т. 7, № 5, 1947.
2. Арутюнян Н. Х. Некоторые вопросы теории ползучести. Гостехиздат, М., 1952.
3. Зедоян М. А. Вариационное уравнение Кастильяно нелинейно-наследственной теории ползучести. Изв. АН СССР, Механика твердого тела, № 5, 1972.
1. Зедоян М. А. О применении вариационных методов теории ползучести при расчете статически неопределенных железобетонных конструкций. Изв. АН АрмССР, сер. техн. наук, т. 27, № 1, 1971.
2. Зедоян М. А. Применение вариационных методов теории ползучести при расчете железобетонных элементов. Изв. АН АрмССР, сер. техн. наук, т. 28, № 3, 1975.

6. Григорян Г. С. К устойчивости пологих гибких оболочек в условиях линейной ползучести. Второе Всесоюзное совещание по проблемам ползучести усадки бетона. Доклады совещания, подготовленные к печати Институтом механики АН АрмССР, Ереван, 1974.
7. Григорян Г. С. К линейной ползучести гибких оболочек. Сб. Трудов Ерев. политех. ин-та, т. 26, 1975.
8. Симонян А. М. О плоской температурной задаче неоднородных составных слоев. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 24, № 4, 1971.
9. Симонян А. М. О некоторых температурных задачах теории пластической наследственности. Прочность и пластичность. Наука, М., 1971.
10. Минцкян М. М. Кручение тел с учетом ползучести. Изд. ЕрГУ, Ереван, 1972.
11. Минцкян М. М. Плоская контактная задача теории ползучести с учетом сил сцепления. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 26, № 5, 1973.
12. Минцкян М. М. Плоская периодическая контактная задача теории ползучести с учетом сил сцепления. Второе Всесоюзное совещание по проблемам ползучести и усадки бетона. Доклады совещания, подготовленные к печати Институтом механики АН АрмССР, Ереван, 1974.
13. Карапетян К. С., Котикян Р. А. Исследование зависимости между напряжениями и деформациями ползучести при растяжении. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 24, № 5, 1971.
14. Котикян Р. А. Ползучесть бетона при постоянных и ступенчато-возрастающих растягивающих напряжениях. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 26, № 1, 1973.
15. Карапетян К. С., Котикян Р. А. Влияние длительного растяжения на прочность и деформативность бетона. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 24, № 6, 1971.
16. Карапетян К. С., Мамедов А. Р. Влияние анизотропии на прочность, деформативность и ползучесть бетона. Тр. совещания институтов строительных материалов и оборудования закавказских республик, Баку, 1971.
17. Мамедов А. Р., Котикян Р. А., Карапетян К. С. Исследование анизотропии прочности, модуля деформации и деформации ползучести керамзитобетона в зависимости от масштабного фактора. Второе Всесоюзное совещание по проблемам ползучести и усадки бетона. Доклады совещания, подготовленные к печати Институтом механики АН АрмССР, Ереван, 1974.
18. Карапетян К. С. Изменение физико-механических и анизотропных свойств бетона при его ползучести. Докл. АН АрмССР, т. 57, № 2, 1973.
19. Карапетян К. С., Котикян Р. А. Прочность, деформативность и ползучесть бетона при растяжении с кручением. Бетон и железобетон, № 2, 1973.
20. Карапетян К. С., Котикян Р. А. Исследование отношений мер ползучести бетона при растяжении, сжатии и кручении. Механика твердого тела, № 5, 1972.
21. Карапетян К. С., Котикян Р. А. Влияние длительных постоянных и ступенчато-возрастающих сжимающих нагрузок на прочность и деформативность бетона. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 25, № 3, 1972.
22. Карапетян К. С., Котикян Р. А. Влияние масштабного фактора на ползучесть бетона. Второе Всесоюзное совещание по проблемам ползучести и усадки бетона. Доклады совещания, подготовленные к печати Центральным управлением НПО строительной индустрии, М., 1974.
23. Карапетян К. С., Котикян Р. А. Исследование ползучести бетона при постоянных и ступенчато-возрастающих сжимающих напряжениях. Второе Всесоюзное совещание по проблемам ползучести и усадки бетона. Доклады совещания, подготовленные к печати Центральным управлением НПО строительной индустрии, М., 1974.
24. Карапетян К. С. Влияние многократно повторной сжимающей нагрузки на прочность, деформативность и ползучесть бетона в зависимости от числа циклов нагружения. Второе Всесоюзное совещание по проблемам ползучести и усадки бетона. Доклады совещания, подготовленные к печати ЦНИИС Минтрансстроя СССР, М., 1974.
25. Карапетян К. С., Котикян Р. А. Влияние длительного растяжения на прочность и деформативность бетона в зависимости от масштабного фактора. Второе Всесоюз-

- ное совещание по проблемам ползучести и усадки бетона. Доклады совещания, подготовленные к печати ЦНИИС Минтрансстроя, М., 1974.
26. Кзылалсян К. С., Котикян Р. А., Шиладжян Р. М. Исследование обратимости деформаций после разгрузки длительно обожатого бетона. Второе Всесоюзное совещание по проблемам ползучести и усадки бетона. Доклады совещания, подготовленные к печати Институтом механики АН АрмССР, Ереван, 1974.
 27. Карапетян К. С., Котикян Р. А. Исследование прочности и деформаций цилиндрических бетонных оболочек при кручении с последующим сжатием. Докл. АН АрмССР, т. 59, № 1, 1974.
 28. Котикян Р. А. Ползучесть бетона при кручении со сжатием. Труды юбилейного совещания применения композиционных материалов в строительстве. Хабаровск, 1975.
 29. Петров В. И., Бильчичко А. В., Котикян Р. А. О коэффициенте поперечной деформации ползучести бетона. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 28, № 1, 1975.
 30. Симонов М. Э., Саркисян Р. Р., Лихарян Н. А. Влияние технологических факторов на усадку и ползучесть легкого бетона на антодидной шпальте. Научные сообщения АИСМ, вып. 16, 1972.
 31. Симонов М. Э. Технологические факторы регулирования усадки и ползучести бетонов. Второе Всесоюзное совещание по проблемам ползучести и усадки бетона. Доклады совещания, подготовленные к печати Институтом механики АН АрмССР, Ереван, 1974.
 32. Вартамян Г. В. Влияние масштабного фактора на ползучесть пазлированных бетонных балок. Сб. трудов АИСМ, вып. 23, 1974.
 33. Месчян С. Р. Метод определения кривых ползучести глинистых грунтов при сдвиге. Докл. АН АрмССР, т. 52, № 4, 1972.
 34. Галстян Р. Р., Месчян С. Р. Исследование компрессионной ползучести глины при переванского района. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 25, № 6, 1972.
 35. Месчян С. Р., Малакян Р. М. К вопросу о боковом давлении глинистых грунтов. Основания, фундаменты и механика грунтов, № 5, 1974.
 36. Месчян С. Р. Об одной возможной форме описания процесса деформирования мало-влажных и просадочных грунтов во времени. Труды первого Всесоюзного симпозиума по реологии грунтов. Изд. ЕрГУ, Ереван, 1972.
 37. Месчян С. Р. К вопросу об описании кривых ползучести глинистых грунтов при сдвиге. Изв. ВУЗов, Строительство и архитектура, № 4, 1974.
 38. Месчян С. Р. Деформации ползучести простого сдвига глины при изменении ее состояния. Изв. ВУЗов, Строительство и архитектура, № 11, 1974.
 39. Месчян С. Р., Бадалян Р. Г. Влияние состояния грунта на деформации ползучести при сдвиге. Гидротехническое строительство, № 8, 1975.
 40. Галстян Р. Р., Месчян С. Р. Метод определения кривых компрессионной термолзучести водонасыщенных грунтов. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 24, № 1, 1971.
 41. Галстян Р. Р., Месчян С. Р. Практический метод определения кривых ползучести компрессионной термолзучести водонасыщенных глинистых грунтов. Основания, фундаменты и механика грунтов, материалы 3-го Всесоюзного совещания. Изд. Будивильника, Киев, 1971.
 42. Галстян Р. Р., Малакян Р. П., Месчян С. Р. Исследование термолзучести водонасыщенного глинистого грунта при одномерном сжатии. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 24, № 3, 1971.
 43. Месчян С. Р., Галстян Р. Р. Исследование компрессионной ползучести глинистого грунта с учетом температурных воздействий. Основания, фундаменты и механика грунтов, № 4, 1972.
 44. Месчян С. Р. Исследование компрессионной термолзучести грунта при высоких температурах. Изв. ВУЗов, Строительство и архитектура, № 11, 1973.
 45. Месчян С. Р., Тер-Степанян Г. Н., Галстян Р. Р. Исследование ползучести глинистых грунтов при сдвиге. Труды к 8-му Международному конгрессу по механике грунтов и фундаментостроению. Стройиздат, М., 1973.

46. Месчян С. Р., Галстян Р. Р. Исследование ползучести глинистого грунта при сдвиге с учетом температурных эффектов. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 26, № 2, 1973.
47. Ахназарян Н. Г., Месчян С. Р. Об исследовании виброползучести грунтов. Докл. АН АрмССР, т. 52, № 1, 1971.
48. Месчян С. Р., Ахназарян Н. Г. Исследование виброползучести подонасыщенного глинистого грунта. Тр. координационного совещания по гидротехнике, вып. 50. Изд. «Энергия», Л., 1973.
49. Месчян С. Р., Ахназарян Н. Г., Галстян Р. Р. Некоторые вопросы исследования ползучести и виброползучести глинистых пород при одномерном сжатии. Вопросы теоретической и экспериментальной геологии горных пород, вып. 3. Изд. «Наукова думка», Киев, 1971.
50. Месчян С. Р. Руководство к лабораторным работам по механике грунтов (на армянском языке). Изд. «Лупс», Ереван, 1971.
51. Месчян С. Р. Механические свойства грунтов и лабораторные методы их определения. Изд. «Недра», М., 1971.
52. Симонян А. М. Исследование ползучести стали X18H10T при переменных температурах. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 25, № 2, 1972.
53. Симонян А. М. К вопросу неизотермической ползучести хромоникелевой стали. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 25, № 6, 1972.
54. Симонян А. М. Исследование ползучести стали X18H10T при больших деформациях. Приблизы прочности, № 6, 1975.
55. Симонян А. М. Исследование высокотемпературной ползучести хромо-никелевой стали в условиях ступенчатых изменений напряжения. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 27, № 4, 1974.
56. Саркисян Н. Е. Анизотропия усталостной прочности стеклопластиков типа СВМ. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 24, № 2, 1971.
57. Саркисян Н. Е. Анизотропия статической и циклической деформативности стеклопластиков типа СВМ. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 24, № 3, 1971.
58. Саркисян Н. Е. Влияние анизотропии на циклическую деформативность и разогреп слоистых пластиков типа СВМ. Механика полимеров, № 5, 1971.
59. Саркисян Н. Е. Анизотропия усталостной прочности ортогонально армированного стеклопластика. Тезисы докладов 2-ой Всесоюзной научно-технической конференции «Проблемы механики конструкций из композиционных материалов», Челябинск, 1975.
60. Саркисян Н. Е. О влиянии термической обработки на усталостные свойства некапаного стеклопластика. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 25, № 5, 1972.
61. Саркисян Н. Е. О влиянии предварительного циклического нагружения на статическую прочность и деформативность стеклопластика. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 26, № 1, 1973.
62. Саркисян Н. Е. Выносливость и деформативность ориентированного стеклопластика при высокой загрузке. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 27, № 6, 1974.
63. Саркисян Н. Е. Об особенностях разогрепа стеклопластика СВМ при испытаниях на малоцикловую усталость. Механика полимеров, № 3, 1975.
64. Саркисян Н. Е., Саркисян М. М. Сопротивляемость ортогонально армированных стеклопластиков циклическому перегибу. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 28, № 3, 1975.
65. Саркисян Н. Е. К вопросу прогнозирования малоцикловой усталостной прочности стеклопластиков. Изв. АН АрмССР, Механика, т. 28, № 4, 1975.
66. Мартиросян М. М. О влиянии отдыха на ползучесть стеклопластика СВМ. Механика полимеров, № 3, 1974.
67. Мартиросян М. М. Влияние точности сборки пакета на прочность пластины СВМ. Межвузовский сб. научных трудов, сер. 19, вып. 1, Ереван, 1974.
68. Мартиросян М. М. Об экспериментальном исследовании труб из стеклопластиков. Заводская лаборатория, № 3, 1975.