

**Нариков Қанат Амангелдыұлы<sup>1</sup>**

техника ғылымдарының кандидаты,

Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті,  
Орал, Қазақстан, [knarik1969@mail.ru](mailto:knarik1969@mail.ru), ORCID ID: 0000-0001-6459-140X

**Ідірісов Бексұлтан Лепесұлы<sup>\*2</sup>**

техника ғылымдарының магистрі,

Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті,  
Орал, Қазақстан, [beksultan.idirisov@mail.ru](mailto:beksultan.idirisov@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-3586-7128

**Джумабаева Камар Муратовна<sup>3</sup>**

PhD докторанты,

Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті,  
Орал, Қазақстан, [Zhumabaeva12.02.88@gmail.com](mailto:Zhumabaeva12.02.88@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-7633-4064

**Татжекенов Серик Булатович<sup>4</sup>**

«WEST GROUP» ЖШС директоры, Орал, Қазақстан,  
[west.group@inbox.ru](mailto:west.group@inbox.ru), ORCID ID: 0009-0001-0204-2576

**СЫҒЫЛАТЫН ЖӘНЕ ИІЛЕТІН ТЕМІРБЕТОН ЭЛЕМЕНТТЕРІ**

*Аңдатпа.* Мақалада сығылатын және иілетін темірбетон элементтері, олардың ерекшеліктері мен жобалау принциптері қарастырылады. Сығу және иілу күштерінің әсерінен болатын физикалық процестер сипатталады, сондай-ақ темір арматураның темірбетон конструкцияларының беріктігі мен тұрақтылығын арттырудағы рөлі түсіндіріледі. Темірбетон конструкциялары жоғары беріктігі мен тұрақтылығының үйлесімі арқасында құрылыс саласында кеңінен қолданылады. Бұл салада қысылған және иілетін элементтер ерекше орын алады, олар ғимараттар мен құрылыстардың тұрақтылығы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

Мұндай элементтерге колонналар, арқалықтар, аркалар, жабындар және сыртқы күштердің әсерімен жұмыс істейтін басқа да конструкциялар жатады. Бұл мақала сығылатын және иілетін темірбетон элементтерінің ерекшеліктерін, олардың құрылымын, арматура түрлерін және құрылыс тәжірибесіндегі қолданылуын талдауға бағытталған. Арнайы назар жобалау талаптарына, арматура түрлеріне және мұндай элементтердің құрылыста қолданылу мысалдарына аударылған. Кейінгі технологиялық даму алдын ала кернеулі конструкциялардың жасалуына алып келді, бұл иілетін элементтердің жұмыс тиімділігін едәуір арттырды. Бүгінгі таңда қысылған және иілетін темірбетон элементтерін қолданудың тарихи тәжірибесі заманауи инженерлік шешімдердің негізі болып табылады, ал жинақталған білім есептеу мен жобалау әдістерін жетілдіруге мүмкіндік беріп, құрылыстардың ұзақ мерзімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

*Кілт сөздер.* Темірбетон, сығылу, иілу, арматура, құрылымдық элементтер, беріктілік, орнықтылық.

**Нариков Канат Амангельдинович<sup>1</sup>**

кандидат технических наук,  
Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет,  
Уральск, Казахстан, [knarik1969@mail.ru](mailto:knarik1969@mail.ru), ORCID ID: 0000-0001-6459-140X

**Идирисов Бексултан Лепесович\*<sup>2</sup>**

магистр технических наук,  
Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет,  
Уральск, Казахстан, [beksultan.idirisov@mail.ru](mailto:beksultan.idirisov@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-3586-7128

**Джумабаева Камар Муратовна<sup>3</sup>**

Докторант PhD,  
Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана,  
Уральск, Казахстан, [Zhumabaeva12.02.88@gmail.com](mailto:Zhumabaeva12.02.88@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-7633-4064

**Татжекенов Серик Булатович<sup>4</sup>**

Директор, ТОО «West group», Уральск, Казахстан,  
[west.group@inbox.ru](mailto:west.group@inbox.ru), ORCID ID: 0009-0001-0204-2576

**СЖАТЫЕ И ИЗГИБАЕМЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются железобетонные элементы, работающие на сжатие и изгиб, их особенности и принципы проектирования. Описаны физические процессы, происходящие при воздействии сжимающих и изгибающих нагрузок, а также роль арматуры в повышении прочности и устойчивости железобетонных конструкций. Железобетонные конструкции широко применяются в строительстве благодаря сочетанию высокой прочности и устойчивости. Особое место в этой области занимают сжатые и изгибаемые элементы, которые обеспечивают устойчивость и безопасность зданий и сооружений. Такие элементы включают колонны, балки, арки, перекрытия и другие конструкции, работающие под воздействием внешних нагрузок. Данная статья направлена на анализ особенностей сжатых и изгибаемых железобетонных элементов, их конструкции, видов армирования и применения в строительной практике.

Особое внимание уделено проектным требованиям, типам армирования и примерам применения таких элементов в строительстве. В дальнейшем развитие технологий привело к созданию предварительно напряжённых конструкций, которые значительно повысили эффективность работы изгибаемых элементов. Сегодня исторический опыт применения сжатых и изгибаемых железобетонных элементов служит фундаментом для современных инженерных решений, а накопленные знания позволяют совершенствовать методы расчёта и проектирования, обеспечивая долговечность и безопасность сооружений.

**Ключевые слова.** железобетон, сжатие, изгиб, арматура, конструкционные элементы, прочность, устойчивость.

**Narikov Kanat Amangeldinovich<sup>1</sup>**

candidate of technical sciences,  
West Kazakhstan innovation and Technology University,  
Uralsk, Kazakhstan, [knarik1969@mail.ru](mailto:knarik1969@mail.ru), ORCID ID: 0000-0001-6459-140X

**Idirisov Beksultan Lepesuly\*<sup>2</sup>**

master of technical sciences,  
West Kazakhstan innovation and Technology University,  
Uralsk, Kazakhstan, [beksultan.idirisov@mail.ru](mailto:beksultan.idirisov@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-3586-7128

**Zhumabayeva Kamar Muratovna<sup>3</sup>**

PhD student,  
Zhangir Khan West Kazakhstan agrarian and Technical University,  
Uralsk, Kazakhstan, [Zhumabaeva12.02.88@gmail.com](mailto:Zhumabaeva12.02.88@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-7633-4064

**Serik Bulatovich Tatzhekenov<sup>4</sup>**

Director, West Group LLP, Oral, Kazakhstan  
[west.group@inbox.ru](mailto:west.group@inbox.ru), ORCID ID: 0009-0001-0204-2576

**REINFORCED CONCRETE MEMBERS SUBJECTED TO COMPRESSION AND FLEXURE.**

**Abstract.** The article examines reinforced concrete elements subjected to compression and bending, their specific features and design principles. It describes the physical processes occurring under the influence of compressive and bending loads, as well as the role of reinforcement in enhancing the strength and stability of reinforced concrete structures. Reinforced concrete structures are widely used in construction due to their combination of high strength and stability. A special place in this field is occupied by compressed and bending elements, which ensure the stability and safety of buildings and structures. Such elements include columns, beams, arches, slabs, and other structures operating under external loads. This article is aimed at analyzing the features of compressed and bending reinforced concrete elements, their design, types of reinforcement, and applications in construction practice.

Special attention is given to design requirements, types of reinforcement, and examples of the application of such elements in construction. Further technological development has led to the creation of prestressed structures, which have significantly increased the efficiency of bending elements. Today, the historical experience of using compressed and bending reinforced concrete elements serves as the foundation for modern engineering solutions, while the accumulated knowledge makes it possible to improve calculation and design methods, ensuring the durability and safety of structures.

**Key words.** reinforced concrete, compression, bending / flexure, reinforcement / reinforcing steel, structural elements / construction elements, strength, stabilit

**Кіріспе.** Темірбетон бетонның беріктігі мен арматураның иілгіштігінің үйлесуі арқасында заманауи құрылыста маңызды орын алады [1]. Бұл материал конструкциялардың жоғары жүк көтергіштік қабілетін, сыртқы жүктемелер әсеріне төзімділігін және пайдалану кезіндегі ұзақ мерзімділігін қамтамасыз етеді [2, 3, 4, 5, 6,]. Темірбетонның әмбебаптығы оны аз қабатты да, көп қабатты да құрылыста, көпірлер, өнеркәсіптік ғимараттар мен инфрақұрылымдық нысандар салуда қолдануға мүмкіндік береді. Қалалардың қарқынды дамуы жағдайында темірбетон ерекше маңызға ие: ол сенімділік пен қауіпсіздікті қамтамасыз ете отырып, күрделі архитектуралық пішіндерді жасауға мүмкіндік береді [7, 8]. Өндіріс пен арматуралау саласындағы заманауи технологиялар конструкциялардың жарыққа төзімділігі мен орнықтылығын арттыруға ықпал етеді, бұл темірбетонды инновациялық инженерлік шешімдерді жүзеге асыру

үшін таптырмас материал етеді [9, 10]. Сонымен қатар, темірбетон үнемділігімен ерекшеленеді: бастапқы материалдардың қолжетімділігі және жаппай өндіру мүмкіндігі оны құрылыс үшін ең тиімді нұсқалардың біріне айналдырады [11]. Экологиялық артықшылықтарымен қайта өңдеу мүмкіндігімен және ғимараттарды пайдалану кезінде энергия шығынын азайтумен үйлесімде және темірбетон ХХІ ғасырдың құрылыс саласының негізі болып қала береді.

Қысылған элементтер - колонналар мен пилондар - тарихи түрде көпқабатты ғимараттарда орнықтылықты қамтамасыз ету және жүктемелерді беру үшін қолданылған [12]. Оларды пайдалану дәстүрлі тас немесе ағаш конструкциялармен салыстырғанда биік әрі күрделі ғимараттар салуға мүмкіндік берді.

Иілетін элементтер - арқалықтар мен плиталар - жабындар мен көпір конструкцияларының дамуына шешуші рөл атқарып, қосымша тіректерсіз үлкен аралықтарды жабуға мүмкіндік берді. Кеңестік кезеңде темірбетон жаппай құрылыстың негізгі материалына айналып, индустрияландыру мен тұрғын үй құрылысының ауқымды жобаларын жүзеге асыруға мүмкіндік берді [13, 14].

**Зерттеу материалдары мен әдістері.** Иілетін темірбетон элементтері үшін В20–В40 класты ауыр бетондар қолданылады, олар иілу мен созылу кезінде жеткілікті беріктікті қамтамасыз етеді. Арматура жұмысшы (созылатын аймақта орналасқан) және кернеулердің біркелкі таралуын қамтамасыз ететін конструктивтік түрінде қолданылады. Заманауи конструкцияларда алдын ала кернеуленген арматуралық өзектер кеңінен пайдаланылады, бұл иілу мөлшерін азайтып, жарыққа төзімділікті арттыруға мүмкіндік береді.

Зерттеудің негізгі мақсаты әртүрлі жүктеме деңгейлерінде сығылатын және иілетін темірбетон элементтерінің кернеулі-деформацияланған күйінің ерекшеліктері мен көтергіштік қабілетін анықтау, сондай-ақ олардың бұзылу сипатын бағалау.

Сынақ жұмыстарын жүргізу үшін темірбетонның екі серия үлгілерін пайдаландық.

Серия К (сығылу элементі): үлгі саны – 3 дана, бағана өлшемі- 150×150×1000 мм, бетон классы-В25, бойлық арматура-4Ø12 А400, көлденең арматура Ø6 А240 адымы 150 мм.

Серия Б (иілу элементі): үлгі саны – 3 дана, белдік өлшемі- 120×200×1800 мм, бетон классы-В25, жұмыс арматурасы -2Ø14 А400, көлденең арматура – Ø6 А240, тірек маңындағы аймақтарда қадамы 100 мм, ал аралық бөлігінде 200 мм.

Сынақтар алдында үлгілер бетонның қалыпты қатаю жағдайында 28 тәулік бойы сақталды.

Сығылатын темірбетон элементтерінің сынақтары гидравликалық преста жүргізіліп, жүктеме үлгінің бұзылуына дейін әрбір 50 кН сайын кезең-кезеңімен арттырылды (кесте 1). Иілетін элементтерді сынау екі нүктелі жүктеу сұлбасы бойынша жүргізілді. Жүктеме аралықтың ортасына қатысты симметриялы түрде түсірілді (кесте 2). Әрбір жүктеу сатысында төмендегі көрсеткіштер тіркелді, қолданылған жүктеме шамасы, бетонның бойлық деформациялары, элементтердің иілу мөлшері (майысуы), жарықтардың пайда болу сәті, жарықтардың ашылу ені.

Деформацияларды тіркеу мақсатында тензометриялық датчиктер пайдаланылды, ал элементтердің майысуын анықтау үшін өлшеу дәлдігі 0,01 мм болатын сағаттық типтегі индикаторлар қолданылды.

Кесте-1 Сығылған темірбетон элементтер

Үлгі	Бұзу күші кН	Максималды деформация, ‰
К-1	865	2,7

К-2	878	2,8
К-3	852	2,6

Орташа бұзушы жүктеме 865 кН құрады.

Бағаналардың бұзылуы сығылу аймағындағы бетонның жаншылуынан кейін бойлық арматураның орнықтылығын жоғалтып, томпаюымен сипатталды. Шекті жүктеме мәніне дейін элементтердің жұмысы серпімді-пластикалық күйде өтті.

#### Кесте-2 Иілген темірбетон элементтер

Үлгілер	Жарық түзілу жүктемесі, кН	Шекті жүктеме, кН	Максималды иілім, мм
Б-1	42	126	18,4
Б-2	45	131	17,8
Б-3	43	128	18,1

Зерттеу нәтижелері бойынша алғашқы жарықтардың түзілуіне сәйкес келетін орташа жүктеме 43,3 кН-ды құрады, ал элементтердің бұзылуына әкелетін орташа жүктеме 128,3 кН болды.

Жарықтардың пайда болуы арқалықтардың созылу аймағындағы аралықтың орта бөлігінде байқалды және жүктеменің біртіндеп артуымен олардың дамуы жалғасты. Үлгілердің бұзылуы арматураның аққыштық шегіне жеткеннен кейін, сығылған аймақтағы бетонның үгітілуімен қатар жүрді.

Иілу беріктігін анықтау — бетон класы, арматура түрі және сенімділік коэффициенттері ескерілетін нормативтік құжаттар (СНиП, Еврокод) негізінде жүргізіледі. Жарыққа төзімділікті есептеу — созылатын аймақта жарықтардың пайда болуы мен ашылуы талданады, бұл конструкцияның ұзақ мерзімділігі үшін аса маңызды. Шекті күйлер әдісі - иілетін элементтердің беріктігін, қаттылығын және деформациялануын бағалау үшін қолданылады. Эксперименттік зерттеулер - арқалықтар мен плиталарды сынау есептік модельдерді нақтылауға және материалдың жұмыс істеуінің нақты сипаттамаларын анықтауға мүмкіндік береді.

Күшейту әдістеріне созылатын аймақта арматура ауданын ұлғайту, алдын ала кернеуленген арматураны қолдану және сыртқы композиттік материалдарды пайдалану (көміртекті талшықты ленталар, қаптамалар).

Иілетін темірбетон элементтері жабындар, көпір конструкциялары, ригельдер мен плиталар құрылысында кеңінен қолданылады. Оларды дұрыс есептеу және материалдарды дұрыс таңдау үлкен аралықтарды жабуға мүмкіндік беріп, ғимараттар мен құрылыстардың сенімділігі мен ұзақ мерзімділігін қамтамасыз етеді.

**Нәтижелер және оларды талқылау.** Жүргізілген есептеулер мен талдау көрсеткендей, қысылған темірбетон элементтері (колонналар, тіректер) осьтік қысу кезінде жоғары жүк көтергіштік қабілетке ие, алайда олардың орнықтылығы иілгіштікке және бекітілу шарттарына айтарлықтай тәуелді. Осымен тыс қысу кезінде кернеулердің қайта бөлінуі байқалады, бұл күшейтілген арматуралауды және көлденең қиманың ауданын ұлғайтуды талап етеді.

Иілетін элементтер (арқалықтар, плиталар) созылатын аймақта жарықтардың пайда болуына айтарлықтай сезімталдық көрсетеді. Эксперименттік зерттеулер алдын ала кернеуленген арматураны қолдану жарықтардың ашылуын азайтып, иілу мөлшерін төмендететінін, соның нәтижесінде конструкциялардың пайдалану сенімділігі артатынын растады.

Салыстырмалы талдау көрсеткендей (3 кесте), қысылған элементтер орнықтылықты жоғалтуға анағұрлым сезімтал, әсіресе биіктігі үлкен және кимасы жіңішке болған жағдайда, иілетін элементтер жарыққа төзімділік пен қаттылыққа ерекше назар аударуды талап етеді, себебі дәл осы параметрлер олардың ұзақ мерзімділігі мен пайдалану қолайлылығын анықтайды, жоғары берікті бетон мен композиттік арматураны қолдану конструкциялардың беріктігін арттырумен қатар олардың массасын азайтуға мүмкіндік береді, заманауи модельдеу әдістері (BIM, сандық есептеулер) элементтердің кернеулі-деформациялық күйін дәлірек болжауға және олардың пішінін оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Кесте-3 Нәтижелердің салыстырмалы кестесі

Параметр / Сипаттама	Қысылған темірбетон элементтері	Иілетін темірбетон элементтері
Негізгі жүктеме	Осьтік және центрден тыс қысу	Иілу + созылу
Негізгі мәселелер	Үлкен иілгіштік кезінде орнықтылықтың жоғалуы	Жарықтардың пайда болуы және иілу
Материалдар әсерлері	Бетонның беріктігі жүк көтергіштік үшін шешуші	Арматура класы жарыққа төзімділікті анықтайды
Күшейту әдістері	Қиманы ұлғайту, қаптамалар, композиттер	Арматураны алдын ала кернеу, сыртқы композиттер
Эксперименттік нәтижелер	Орнықтылықтың бекітілу шарттарына тәуелділігін растайды	Кернеуленген арматура қолданғанда иілудің азаятындығын растайды
Практикалық қолдану	Колонналар, пилондар, көпір тіректері	Арқалықтар, плиталар, ригельдер, жабындар
Негізгі қорытынды	Орнықтылық пен беріктікке басымдық қажет	Жарыққа төзімділік пен деформацияға басымдық қажет

Осылайша, нәтижелер кешенді тәсілдің қажеттілігін растайды: қысылған элементтер үшін — орнықтылық пен беріктікке басымдық беру, ал иілетін элементтер үшін — жарыққа төзімділік пен деформациялануға көңіл бөлу. Бұл өз кезегінде қазіргі пайдалану жағдайларында темірбетон конструкцияларының сенімділігі мен ұзақ мерзімділігін қамтамасыз етеді.

**Қорытынды.** Темірбетон конструкциялары әмбебаптығы, беріктігі және үнемділігі арқасында заманауи құрылыстың негізі болып қала береді. Қысылған және иілетін элементтерді қолданудың тарихи тәжірибесі олардың тұрғын үйлерден бастап күрделі инженерлік құрылыстарға дейінгі әртүрлі пайдалану жағдайларында сенімділігі мен тиімділігін көрсетті.

Темірбетонның даму перспективалары жаңа материалдар мен технологияларды енгізумен байланысты. Жоғары берікті және ультра жоғары берікті бетондарды қолдану конструкциялық элементтердің өлшемдерін кішірейтуге, сонымен бірге олардың жүк көтергіштік қабілетін сақтауға мүмкіндік береді. Композиттік арматуралық материалдарды (шыныпластик, көміртекті пластик) пайдалану ұзақ мерзімділікті арттыруға және коррозияға төзімділікті күшейтуге жол ашады.

Арматураны алдын ала кернеу әдістеріне ерекше назар аударылады, өйткені олар иілетін элементтердің жұмыс тиімділігін айтарлықтай арттырып, иілу мөлшерін және

жарықтардың ашылуын азайтады. Маңызды бағыттардың бірі — жобалауды цифрландыру: BIM-технологияларды және компьютерлік модельдеуді қолдану конструкциялардың кернеулі-деформациялық күйін дәлірек есептеуге және олардың пішінін оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Құрылыс саласының тұрақты даму жағдайында темірбетон конструкциялары жаңа талаптарға бейімделетін болады: энергия тиімділігіне, экологиялық тазалыққа және архитектуралық мәнерлілікке. Осылайша, темірбетон дәстүр мен инновацияны үйлестіретін материал ретінде құрылыс саласында жетекші рөлін сақтайды.

### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. – М.: Минстрой России, 2018. – 143 с.
2. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. – 6-е изд. – М.: Стройиздат, 1991. – 768 с.
3. Голышев А.Б., Бамбура А.Н. Железобетонные конструкции. – Киев: Логос, 2001. – 420 с.
4. Невский В.А. Железобетонные и каменные конструкции. – М.: АСВ, 2010. – 896 с.
5. Попов Н.Н., Лapidус А.А. Железобетонные конструкции. – М.: Высшая школа, 2008. – 592 с.
6. Eurocode 2: Design of Concrete Structures – Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings. EN 1992-1-1. – Brussels: European Committee for Standardization (CEN), 2004. – 225 p.
7. Nilson A.H., Darwin D., Dolan C.W. Design of Concrete Structures. – 15th ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2016. – 864 p.
8. MacGregor J.G., Wight J.K. Reinforced Concrete: Mechanics and Design. – 7th ed. – Pearson Education, 2015. – 1248 p.
9. Mehta P.K., Monteiro P.J.M. Concrete: Microstructure, Properties and Materials. – 4th ed. – New York: McGraw-Hill, 2014. – 704 p.
10. ACI 318-19. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. – Farmington Hills, MI: American Concrete Institute, 2019. – 623 p.
11. Fib Model Code for Concrete Structures 2010. – Lausanne: Fédération Internationale du Béton (fib), 2013. – 434 p.
12. Kim J.K., Park Y.D. Prediction of Shear Strength of Reinforced Concrete Beams Without Web Reinforcement // ACI Structural Journal. – 1996. – Vol. 93, No. 2. – P. 213–222.
13. Bentz E.C., Vecchio F.J., Collins M.P. Simplified Modified Compression Field Theory for Calculating Shear Strength of Reinforced Concrete Elements // ACI Structural Journal. – 2006. – Vol. 103. – No. 4. – P. 614–624.
14. Teng J.G., Chen J.F., Smith S.T., Lam L. FRP-Strengthened RC Structures. – Chichester: John Wiley & Sons, 2002. – 266 p.
15. Neville A.M. Properties of Concrete. – 5th ed. – London: Pearson Education Limited, 2011. – 872 p.

### REFERENCES

1. SP 63.13330.2018. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii. Osnovnye polozeniya. [Concrete and reinforced concrete structures. General provisions.]. – М.: Minstroy Rossii, (2018): – 143 s. – (In Rus)

2. Bajkov, V. N., Sigalov, E. E. Zhelezobetonnye konstrukcii. Obshchij kurs. [Reinforced concrete structures. General course.]. – 6th ed. – M.: Strojizdat, (1991): – 768 s. – (In Rus)
3. Golyshev, A. B., Bambura, A. N. Zhelezobetonnye konstrukcii. [Reinforced concrete structures.]. – Kiev: Logos, (2001): – 420 s. – (In Rus)
4. Nevskij, V. A. Zhelezobetonnye i kamennye konstrukcii. [Reinforced concrete and masonry structures.]. – M.: ASV, (2010): – 896 s. – (In Rus)
5. Popov, N. N., Lapidus, A. A. Zhelezobetonnye konstrukcii. [Reinforced concrete structures.]. – M.: Vysshaya shkola, (2008): – 592 s. – (In Rus)
6. Eurocode 2: Design of Concrete Structures – Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings. EN 1992-1-1. – Brussels: European Committee for Standardization (CEN), 2004. – 225 p.
7. Nilson, A. H., Darwin, D., Dolan, C. W. Design of Concrete Structures. – 15th ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2016. – 864 p.
8. MacGregor, J. G., Wight, J. K. Reinforced Concrete: Mechanics and Design. – 7th ed. – Pearson Education, 2015. – 1248 p.
9. Mehta, P. K., Monteiro, P. J. M. Concrete: Microstructure, Properties and Materials. – 4th ed. – New York: McGraw-Hill, 2014. – 704 p.
10. ACI 318-19. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. – Farmington Hills, MI: American Concrete Institute, 2019. – 623 p.
11. Fib Model Code for Concrete Structures 2010. – Lausanne: Fédération Internationale du Béton (fib), 2013. – 434 p.
12. Kim, J. K., Park, Y. D. Prediction of Shear Strength of Reinforced Concrete Beams Without Web Reinforcement // ACI Structural Journal. – 1996. – Vol. 93, No. 2. – P. 213–222.
13. Bentz, E. C., Vecchio, F. J., Collins, M. P. Simplified Modified Compression Field Theory for Calculating Shear Strength of Reinforced Concrete Elements // ACI Structural Journal. – 2006. – Vol. 103, No. 4. – P. 614–624.
14. Teng, J. G., Chen, J. F., Smith, S. T., Lam, L. FRP-Strengthened RC Structures. – Chichester: John Wiley & Sons, 2002. – 266 p.
15. Neville, A. M. Properties of Concrete. – 5th ed. – London: Pearson Education Limited, 2011. – 872 p.