

образцы-цилиндры разработанных составов с добавлением доменного шлаков с целью получения качественного керамического кирпича на основе лессовидного суглинка Чаганского месторождения ЗКО.

Приведены результаты исследования закономерностей изменения физико-механических свойств стеновой керамики в зависимости от вида и состава примесей. В качестве основного сырьевого компонента использовались лессовые глины Западно – Казахстанской области, а вспомогательные смеси-доменные и металлургические шлаки. Результаты исследования: мы убедились, что при добавлении шлака в керамическую массу 10, 15% уменьшились средняя плотность и сыпучесть готовой продукции, возросли показатели прочности.

ӘОЖ 624.012.45

DOI 10.52578/2305-9397-2021-2-1-120-126

**Курманиязова Н.Ж.**, техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, ORCID ID 0000-0002-6600-9812

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, 090009, Жәңгір хан көш., 51, Орал қ., Қазақстан Республикасы, nurgul\_2303@mail.ru

**Kurmaniyazova N.Zh.**, Master, Senior Lecturer

«Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University» NPJSC, 090009, 51 Zhangir Khan Str., Uralsk, Republic of Kazakhstan

**ТЕМІРБЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРЫН  
КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАРМЕН КҮШЕЙТУ  
REINFORCED CONCRETE STRUCTURES  
STRENGTHENING WITH COMPOSITIVE MATERIALS**

**Аннотация**

Талшықты арматураланған полимерлі композиттер (FRP) әлемде - Австрия, Бельгия, Канада, Германия, Ұлыбритания, Польша, Франция, Чехия, Жапония және басқа елдерде қолданылып келеді. Ал Құрама Штаттарда құрылымдық арматура түрінде 25 жылға жуық пайдаланып келеді. Швейцарияда қазірдің өзінде барлық құрылыс құрылымдарының 80% -тен астамы полимерлі композиттермен күшейтілуде.

Осы кезге дейін композициялық материалдарды қолдану бірқатар артықшылықтарының арқасында өсуде, мысалы: оның салмағы мен қалыңдығы аз, сызықтық серпімділік деформацияға қабілетті, коррозияға төзімді, қолдану қарапайымдылығы және қазіргі кезде кәсіпқойлар композициялық материалдармен күшейтуді жиі қолданады.

Дәстүрлі жұқа болат беттермен нығайту әдістері көп еңбек сыйымдықты қажет ету, күшейтілетін құрылымның алғашқы беріктігінің төмендеп кетуі, құрылымды тесу қажеттілігі, күшейтілген құрылымда белгісі қарама-қарсы күштердің пайда болуы және жүктің күшіне қатысты жоғары қарқындылық, бұл жергілікті бұзылулар мен алғашқы жарықтарға әкелуі мүмкін; үлкен меншікті салмақ, көлденең қиманың өлшемдерінің ұлғаюы сияқты бірқатар кемшіліктерге ие. Қолданыстағы құрылымдарды композициялық материалдармен нығайту алдында құрылым жұмыс істейтін жағдайларды, сондай-ақ құрылымның көтергіш қабілетін нығайтуға немесе жобалау және қалпына келтіруге қолданылатын материалдарды жақсы білуді талап ететін процестерді кешенді бағалауды егжей-тегжейлі қарастыру қажет. Құрылымдық нығайту жобалары үшін, композициялық материалдарды қолданудың орындылығын анықтау үшін оның артықшылықтарын түсіну керек, ең бастысы оларды пайдалану шектеулерін білу қажет.

Композициялық материалдар полимерлі матрицадағы шыны, көміртек немесе болат сияқты беріктігі жоғары талшықтардан тұрады. Талшықтар жүктемені қабылдайды, ал полимер матрицасы (эпоксидті шайырлар) байланыстырушы рөлін атқарады, талшықтардың бірігіп жұмыс істеуін және оларды зақымданудан сақтайды. Композиттік материалдарды құрылыс жағдайында, көміртеккі немесе шыны маталарды дайындалған бетон бетіне жабыстырғанда және эпоксидті қосылыстармен сіңдіру кезінде жасауға болады. Қатайғаннан кейін

композициялық материал нығайтылатын құрылыммен тұтасып, біртұтас сыртқы күшейтілген жүйені құрайды.

Композиттік материалдарды фабрикада пультрузия технологиясын қолдана отырып жасауға болады. (Пультрузия (созу) - шыны, көміртекті, базальт және полимерлі шайырлар талшықтары негізінде әртүрлі көлденең қималы шыбықтар немесе жұқа бетті талшықпен толтырылып композициялық бөлшектерді өндіру технологиясы).

#### ANNOTATION

The main areas of application of the technology for reinforcing reinforced concrete elements with composite materials based on fiber according to the operating conditions of the structure are: increasing the bearing capacity of a bent reinforced concrete beam or slab by gluing a composite material in a stretched section area; an increase in the bearing capacity of the cross-section of the beams for the action of a transverse force by installing a composite material on the supporting sections of the structure, where there is a risk of the occurrence and development of inclined cracks; increasing the bearing capacity and eccentrically compressed columns by gluing a composite material around the perimeter of the structure (covering reinforcement).

Composite materials based on carbon, aramid and glass fibers have a much higher tensile strength than the used reinforcing steel, and their specific gravity is 4-5 times less than that of steel.

Hence follows the advantage of the composite material over steel plates in terms of the strength / dead weight ratio, which is important for practical purposes. The low weight of the composite material makes it much simpler and easier to install and attach to the reinforced structure than steel plates.

This is especially important when reinforcing reinforced concrete structures in confined spaces, for example, in underground structures, technical rooms of buildings or at high heights (pipes, cooling towers, bridge girders).

*Түйін сөздер: талшықты арматураланған полимерлік композиттер, темірбетон конструкцияларын күшейту, күшейту әдісі*

**Key words:** *fibrous reinforced polymer composites, reinforcement of reinforced concrete structures, reinforcement method*

**Кіріспе.** Қазақстан Республикасында тұрғын үй құрылысы энергетикалық және табиғи Сыртқы арматуралау жүйелері үшін ең көп таралған материалдар көміртекті талшыққа негізделген материалдар болып табылады. Көміртегі жоғары механикалық қасиеттерге ие және шыны талшықпен салыстырғанда созылу беріктігі, қаттылығы мен беріктігі жоғары.

1 және 2 кестелерде көміртек талшықты және кейбір композициялық материалдардың қасиеттері келтірілген.

1-кесте – Көміртекті талшықтар қасиеттері

| Талшықты материал    | Меншікті тығыздық, г/см <sup>3</sup> | Беріктік ГПа | Юнг модулі, ТПа | Беріктік шегі, ГПа | Үзілу кезіндегі созылуы, % | Меншікті жылу өткізгіштік Вт/м*К | Электр өткізгіштік к, См/м |
|----------------------|--------------------------------------|--------------|-----------------|--------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Көміртекті талшықтар | 1,7-2                                | 0,5-1        | 0,2-0,6         | 1,7-5              | 0,3-2,4                    | 8-10 <sup>5</sup>                | 6,5*14*10 <sup>6</sup>     |

Полимерлі композиттер қолданылатын талшықтың (фибрдің) түріне байланысты беріктігі бойынша әр түрлі болады. Шыны талшықтардың созылу беріктігі, төмен көміртекті болаттың беріктігіне жақын, ал көміртекті талшық композиттері төмен көміртекті болаттан 2-5 есе жоғары беріктікке ие. Шыны және көміртекті талшықтардың серпімділік модулі болаттың серпімділік модуліне қарағанда аз, сонымен бірге көміртекті талшықтардың серпімділік модулі шыны талшықтарға қарағанда 2-5 есе жоғары [1].

2-кесте – Кейбір композициялық материалдар қасиеттері

| Материал                                       | Тығыздық,<br>кг/см <sup>3</sup> | Созылу беріктігі,<br>МПа | Юнг модулі,<br>ГПа | Меншікті<br>беріктік,<br>е*10 <sup>3</sup> ,кМ | Меншікті<br>модуль,<br>Е*10 <sup>6</sup> ,кМ |
|------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Көміртекті талшық                              | 1450-1600                       | 780-1800                 | 120-130            | 53-112                                         | 9-20                                         |
| Әйнекпластик                                   | 2120                            | 1920                     | 69                 | 91                                             | 3,2                                          |
| Беріктігі жоғары<br>болат                      | 7800                            | 1400                     | 210                | 18                                             | 2,7                                          |
| Алюминий қоспа                                 | 2700                            | 500                      | 75                 | 18                                             | 2,7                                          |
| Титан қоспа                                    | 4400                            | 1000                     | 110                | 28                                             | 2,5                                          |
| Полиамид 6,6                                   | 1140                            | 82,6                     | 28                 | 7,24                                           | 0,24                                         |
| Полиамид 6,6+40 %<br>әйнекталшық салм.         | 1460                            | 217                      | 112                | 8,87                                           | 0,77                                         |
| Полиамид 6,6+40 %<br>көміртегі талшық<br>салм. | 1340                            | 280                      | 238                | 21,0                                           | 1,92                                         |

3-кестеде арматура мен композициялық материалдардың, яғни болат арматура (Steel Reinforcing Bar), кернеуленген болат арматура (Steel Tendons), шыны талшықтар негізінде жасалған (Glass FRP) композиттердің, көміртекті талшықтар негізінде жасалған (Carbon FRP) композиттердің механикалық қасиеттері 1 кв. дюймдегі 1000 фунтпен (ksi) салыстырмалы түрде көрсетілген.

3-кесте – Арматура мен композициялық материалдардың механикалық қасиеттерін салыстыру

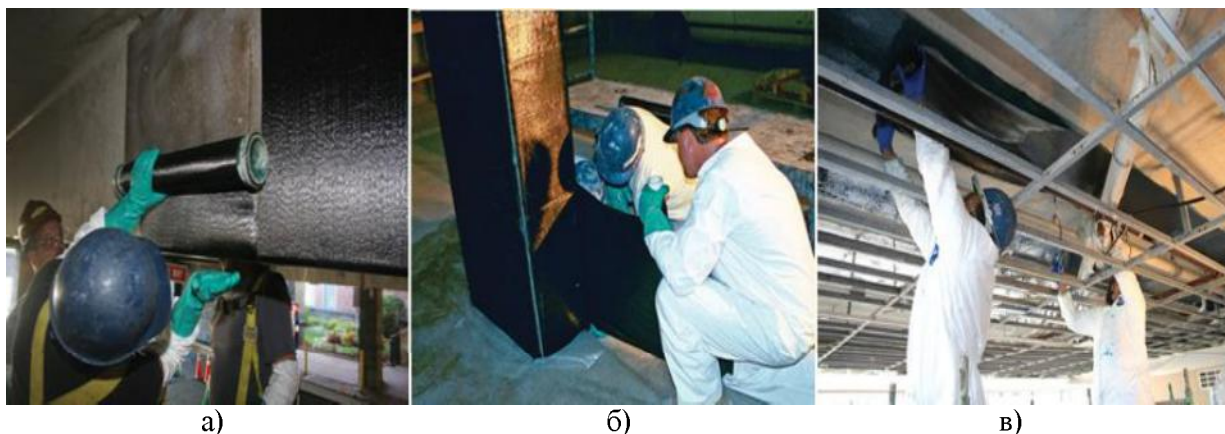
| Атаулары                                                                          | Болат арматурасы | Болат талшықтар | Шыны FRP      | Көміртегі FRP |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|---------------|---------------|
| Беріктігі МПа (кси)                                                               | 40-60            | 150-210         | қолданылмайды |               |
| Беріктік шегі МПа (кси)                                                           | 70-100           | 200-270         | 75-175        | 200-400       |
| Серпімді созылу<br>модульдері МПа (кси)                                           | 29,000           | 27,000-29,000   | 4,000-7,000   | 10,000-20,000 |
| Шекті созылу (%)                                                                  | >10              | >4              | 3.5-5         | 1-2           |
| Тығыздығы (фунт /<br>фут <sup>3</sup> )                                           | 490              | 490             | 90-120        | 90-100        |
| Қасиеттері талшық көлеміне байланысты өзгереді (45-70 пайыз). N/A = қолданылмайды |                  |                 |               |               |

Талшық негізіндегі композиттердің салмағы болатқа қарағанда шамамен бес есе аз. Композициялық материалдың толық сипаттамаларын өндірушілерден алуға болады. Оларды сонымен қатар ASTM D7565 стандартында сипатталған сынақтар арқылы да анықтауға болады.

Жобалық нұсқаулардың көпшілігі жұмыс шартының төмендетілген коэффициентіне негізделген композиттің созылу беріктігін белгілейді. Бұл коэффициенттер композициялық материалдың талшығының түріне және күшейтілетін құрылымды қолдану жағдайына байланысты. Көміртекті талшықтарға негізделген композициялық материалдар үшін, әдетте, жұмыс жағдайларының коэффициенті қабылданады: 0,95 - ғимараттар мен үймәреттер ішіндегі құрылымды пайдалану кезінде және 0,85 - ашық ауада және агрессивті ортада жұмыс істегенде. [2].

Алдын ала дайындалған көміртекті пластик элементтері өте қатаң және оларды ұстынға немесе арқалықты орауға болатындай етіп бұғу мүмкін емес. Сыртқы арматуралық жүйелерге арналған маталар, негізінен бір бағытталған көміртекті талшықтар негізінде шығарылады, кез-

келген геометриялық пішінді құрылымдарды орауда қолданылады. Оларды құрылымдық элементтердің созылған жеріне (мысалы, төбе жабындары немесе арқалықтар) иілуге беріктігін арттыру үшін жапсыруға болады, U-пішінді түрде қолданып арқалықтарды орап олардың ығысу беріктігін арттыруға болады, осьтік сығылуды және ығысу беріктігін арттыру үшін ұстындарды да орауға болады. Маталарды бетон бетіне жабыстыру жүйесіне келесі компоненттер кіруі мүмкін: праймер - бетон бетіне сіңіруді және адгезияны жақсарту үшін, эпоксидті сылақ - кішкене қуыстарды толтыру және бетті тегістеу үшін, эпоксидті шайырларға негізделген желім - маталарға сіңіру және оларды дайын бетке жабыстыру үшін, қорғаныс қабатын жағу үшін - қоршаған ортаны ықтимал әсерлерден және механикалық зақымданудан композициялық бетін қорғау үшін. Ультрафиолет сәулелері эпоксидті шайырлардың көпшілігіне кері әсер етеді, бірақ оларды акрил, цемент және басқа жабындармен қорғауға болады [3].



а) арқалықты үш жағынан желімдейтін U тәрізді жапсырма бейнеленген; б) ұстынды композициялық материалдармен күшейту құрылымның ығысуға, осьтік сығылуды және энергияны сіңіру қабілеттілігін жоғарлатады; в) төбе жабындарының созылған аймағын композициялық материалдармен нығайту олардың иілу беріктігін арттырады

1-сурет – Көміртекті талшықтан жасалған кенептерді құрылыстың кез-келген пішіні үшін қолдануға болады



а) өнерәсіптік силосты күшейту; б) паркинг арқалықтарын көмертегі негізіндегі композициялық материалмен күшейту

2-сурет – Өнеркәсіп ғимараттарының құрылымдарын күшейту



3-сурет – Мәскеу айналма жолы көпірінің жөндеу жұмыстары

2012 жылы Мәскеу айналма жолында Очаковский эстакадасының көпірі композиттік материалдарды қолдану арқылы жөнделді. Жүк көтеретін арқалықтар FibARM көміртекті белдеулерімен күшейтілді. Жаңа технологияларды қолдану жол қозғалысын бөгемеуге және жұмыс уақытын едәуір қысқартуға мүмкіндік берді.

Мәскеу айналма жолының 50-ші шақырымындағы Очаковский жол көпірі бірнеше жыл бұрын болған жол апаты салдарынан бұзылған. Самосвал жүк конструкциясына соғылып нәтижесінде тірек арқалықтардың бірі зақымданды. Ішіне су кірген жарықтар пайда болып арматураның коррозиясы басталды және нәтижесінде құрылымның майысуы пайда болды.

Көпірді қалпына келтіру үшін, осы кезге дейін қолданылып келген дәстүрлі бетон және металл материалдарын пайдаланса, көпірдің біртұтас бойлығын ауыстыру керек болатын. Жұмыс көп айларға созылып, көпірдегі көлік қозғалысын толығымен тоқтату қажет болар еді. Бұл қолайсыз жағдайға әкелетін болғандықтан, көпір көміртекті талшықтарды негізіндегі сыртқы арматуралау жүйесінің көмегімен жөнделді және нығайтылды.

Жұмыстың өндірушісі - «КомпозитСпецСтрой» компаниясы. Мәскеу айналма жолын жаппас үшін, жұмыстар түнде жүргізілді. Жұмысты 5 адамнан тұратын топ 15 түнде аяқтады.

Сыртқы арматура жүйесімен арқалықты көміртегі белдеулерімен нығайтқан кездегі тағы бір маңызды артықшылық, ол құрылым салмағын тек 211 кг-ға арттырды (мата 31 кг және желім 180 кг). Осы жұмысты дәстүрлі әдіспен металл қолданып орындаса, таттанғаннан бұзылған арматуралар орнын толтыру үшін 1,2 тоннадан астам металл қажет болар еді, қосымша тесіктерді бұрғыланып, сонымен қатар, 8 куб метр мөлшерінде бетонды атып құю қажет болар еді, бұл - 16 тонна (1 текше метр = 2 тонна), барлығы: 17,2 тонна. Көміртекті материалдармен нығайтылған құрылым металмен салыстырғанда 98,8% жеңіл болды.

Сонымен қатар, көміртекті ленталармен сыртқы күшейту жүйесін қолдану жөндеу уақытын едәуір қысқартуға, көпірді пайдалану кезіндегі күрделі жөндеу мерзімін 30 жылға дейін арттыруға мүмкіндік берді (дәстүрлі материалдарды пайдалану кезінде күрделі жөндеу мерзімі бес жылды құрайды), және жөндеу шығындарының 40% -ын үнемдеуге мүмкіндік берді. Бірақ ең бастысы, жөндеу мәскеулік автокөлік жүргізушілеріне қолайсыздық тудырмады, жұмыс кезінде көпірдегі көлік қозғалысы жабылған жоқ [4].

Сондай-ақ, «Композит» ЖАҚ сыртқы арматура жүйесімен күшейту тиімділігінің техникалық-экономикалық негіздемесін жасады.

Зерттеу нысаны болып, Саратов облысындағы, п. Татищевода орналасқан көпір болып табылды. Көпірді қалпына келтіру құнын есептеу кезінде құрылымдарды сыртқы арматуралық жүйемен нығайтқан кезде сметалық құны 756 211,00 рубль, дәстүрлі әдісті қолданған кезде - 1 399 054,00 рубль болатындығы анықталды. Заманауи әдісті қолданған кезде экономикалық тиімділік шамамен 50% құрады.

Осы уақытқа дейін сыртқы арматура жүйесінде көміртекті талшықты материалдарды қолданудың практикалық тәжірибесі алынды.

2015 жылы тұтас құймалы темірбетон арқалықты төбе жабындарын күшейту, географиялық орналасуы қиын жердегі режимді объектіде (АҚ «РУСАЛ») Богучан алюминий зауытының «Орталық әкімшілік-тұрмыстық кешені. №2 ғимаратында» жасалды [5].

Жұмыстар қысқа мерзімде, ААҚ «НЦК» шығарған көміртекті ламелдермен, сыртқы арматуралау технологиясын қолдану арқылы жүргізілді, бұл ғимараттың 4 қабатының жетіспейтін жүк көтергіштігін, минималды уақыт және қаржылық шығындармен өтеуге мүмкіндік берді (4-сурет).



4-сурет – Богучан алюминий зауытының тұтас құймалы темірбетон арқалықты төбе жабындарын нығайту (АҚ «РУСАЛ»)

2017 жылы Череповец қаласында Солтүстік көпір күшейтілді. Көпір 60% тозған, сондықтан күрделі жөндеу қажет болды. Жөндеу жұмыстары нәтижесінде 32 көпір арқалықтары сыртқы арматура жүйесін қолдану арқылы күшейтілді.

5-суретте көпір тіректерін және болат құбырларды көміртегі белдеулеріне негізделген CarbonWrap® сыртқы күшейту жүйесімен нығайту көрсетілген [6].



5-сурет - Нормативтік құжаттаманың өзгеруіне байланысты көпірдің көтергіштігін арттыру мақсатында CarbonWrap® көміртекті таспалармен күшейту жүргізілді (Нью-Хевен, Коннектикут, АҚШ) және CarbonWrap® сыртқы арматуралық жүйесін қолдана отырып болат құбырларды көміртекті ленталар негізінде жөндеу.

Тапсырыс беруші: PACIFIC GAS & ELECTRIC (PG&E) (Сан-Франциско, Калифорния, АҚШ)

**Қорытынды.** Құрылыс құрылымдарын нығайту үшін композиттік материалдарды пайдаланудың жинақталған әлемдік және ресейлік тәжірибесі оң, яғни барлық жағдайда

арматураланған құрылымдар жұмыс күйінде болады және композициялық материалдардан жасалған сыртқы арматура бұзылмайды.

Композициялық материалдар ғимарат құрылымдарын, силостарды, резервуарларды, тоннельдерді, көпірлерді және жерасты құбырларын күшейту үшін сәтті қолданылуда.

Композиттердің жоғары құны, еңбек шығындарының төмендеуімен, құрал-жабдықтардың аз жұмсалыуымен және жинақтау барысында технологиялық үзілістердің аз болуымен өтеледі.

Композициялық материалдармен арматуралау процестердің барлық кешенін қамтитынына қарамастан, оның дәстүрлі арматуралық технологиялармен салыстырғанда бірнеше артықшылықтары бар. Композиттердің қасиеттерін, сондай-ақ оларды пайдалану шектеулерін түсіну дұрыс жобалық шешімдерін жасау мен оларды жүзеге асырудың маңызды кезеңі болып табылады.

### **ÄDEBIËTTER TIZIMI**

1. Şilin A.A., Pşenichni V.A., Kartuzov D.V. Vneşnee armirovanie jelezobetonnyh konstruksii kompozisionnymi materialami. – M.: Stroiizdat, 2007. - 184 s.
2. Usilenie jelezobetonnyh konstruksii kompozisionnymi materialami. – [Elektronnyi resurs]. – Rejim dostupa: <https://smeta-kz.com/usilenie-zhelezobetonnyh-konstrukcij/>.
3. Prochnost i deformativnost jelezobetonnyh balok, usilennyh ugleplastikom na stadii, blizkoi k ischerpani nesuei sposobnosti. – [Elektronnyi resurs]. – Rejim dostupa: <https://www.dissercat.com/content/prochnost-i-deformativnost-zhelezobetonnykh-balok-usilennykh-ugleplastikom-na-stadii-blizkoi>.
4. Remont mosta na MKAD. – [Elektronnyi resurs]. – Rejim dostupa: <https://www.nccrussia.com/ru/map-composite/223-remont-mosta-na-mkad.html>.
5. Vneşnee armirovanie uglirodnyh voloknom kak metod usileniya stroitelnyh konstruksii. – [Elektronnyi resurs]. – Rejim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/vneshnee-armirovanie-uglirodnyh-voloknom-kak-metod-usileniya-stroitelnyh-konstruksiy>
6. CARBONWRAP. – [Elektronnyi resurs]. – Rejim dostupa: [arbonwrap.ru/cba-carbonwrap/objects.html](http://arbonwrap.ru/cba-carbonwrap/objects.html).

### **РЕЗЮМЕ**

Основными областями применения технологии усиления железобетонных элементов композитными материалами на основе фибры по условиям работы конструкции являются: увеличение несущей способности изгибаемой железобетонной балки или плиты путем приклеивания композитного материала в растянутой зоне сечения; увеличение несущей способности сечения балок на действие поперечной силы установкой композитного материала на опорных участках конструкции, где существует риск возникновения и развития наклонных трещин; увеличение несущей способности и внецентренно сжатых колонн приклеиванием композитного материала по периметру конструкции (охватывающее усиление).

Композитные материалы на основе углеродных, арамидных и стекловолокон имеют гораздо более высокую прочность на растяжение, чем применяемая арматурная сталь, причем их удельный вес в 4-5 раз меньше, чем у стали.

Отсюда вытекает немаловажное для практических целей преимущество композитного материала над стальными пластинами по соотношению «прочность/собственный вес».

Низкий вес композитного материала делает его установку и присоединение к усиливаемой конструкции гораздо более простым и легким по сравнению со стальными пластинами.

Это особенно важно при усилении железобетонных конструкций в стесненных условиях, например, в подземных сооружениях, технических помещениях зданий или на большой высоте (трубы, градирни, мостовые фермы).