

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

МЕЖДУНАРОДНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ КОРПОРАЦИЯ

СТУДЕНТ И НАУКА: ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

**Сборник материалов
XXV ежегодной республиканской студенческой научной конференции**

ЧАСТЬ II

Алматы, 2025

УДК 001
ББК 72
С88

Редакционный комитет

Имандосова М.Б., ректор МОК – председатель;
Молдамуратов Ж.Н., проректор по НИ – заместитель председателя;
Гвоздикова Т.А., заместитель декана по академическим вопросам ФА;
Узакбаев Т.К., заместитель декана по академическим вопросам ФД;
Касымова Г.Т., ассистент профессора ФОС;
Умирбаева А.Б., заместитель декана по академическим вопросам ФСТИМ;
Жандосова Э.М., координатор ДНИ.

С 88 **Студент и наука: взгляд в будущее:** Сб. мат. XXV ежегодн. респ. научн. студ. конф. – Алматы: ТОО «МОК», 2025.

ISBN 978-601-08-5828-2 (общ.)

Ч. II. – 128 с.

ISBN 978-601-08-5826-8

В сборнике представлены результаты научно-исследовательской деятельности преподавателей и студентов МОК, Satbayev University, ЕНУ им. Л. Н. Гумилева и других вузов.

Статьи, представленные в сборнике, рассмотрены на XXV ежегодной республиканской научной студенческой конференции «Студент и наука: взгляд в будущее». Организатор конференции – департамент науки и инноваций под руководством Ш. Лайсханова.

В сборнике освещены актуальные тенденции в области энергоэффективного строительства, инженерных систем и сетей, геотехники, механизации строительного производства, а также производства строительных материалов, изделий и конструкций.

Материалы сборника представляют интерес для преподавателей, студентов, магистрантов и стажеров технических вузов.

УДК 001
ББК 72

Печатается по плану издания Международной образовательной корпорации
на 2024–2025 уч. год

ISBN 978-601-08-5826-8
ISBN 978-601-08-5828-2 (общ.)

© ТОО «Международная образовательная
корпорация», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ III СТРОИТЕЛЬСТВО

3.1 СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА

| | |
|--|----|
| Ақатова Н., Мурзалина Г.Б., Джумагалиев Т.К. Тығыз қоршаған орта құрылысындағы ғимараттың жоғары табиғи жарықтандырылуы | 5 |
| Бақытжанқызы А., Мурзалина Г.Б. Иілгіш темірбетон элементтерінің пайдалану жағдайларын ескере отырып сыртқы композиттік арматурамен күшейту | 9 |
| Бердіқожа Ж.Е., Ажғалиева Б.А. Ақыл-ойы ерекше адамдарға арналған сәулеттік жоба | 13 |
| Ержұман М., Мурзалина Г.Б. Құрылыс нысандарының өмірлік циклінің барлық кезеңдерінде ұйымдастыру-технологиялық сенімділігін қамтамасыз ету | 19 |
| Калым Н.М., Ажғалиева Б.А. Вертолетные площадки в Алматы: проблемы и перспективы | 23 |
| Қарағойшиев Д.Ж., Ажғалиева Б.А. Расчет колонн по Еврокоду на примере дипломного проектирования | 29 |
| Мустафин А.Д., Тасмаганбетова А.Х. Стеклопластиковая арматура для армирования бетонных конструкций | 34 |
| Чамани П., Мурзалина Г.Б. Ғимараттардың қабырғалық қоршауларының жылутехникалық тиімділігін конструктивтік қамтамасыз ету | 41 |
| Шолпанкулова М.С., Мурзалина Г.Б., Жұман А. Энергия үнемдеу технологияларын қолданумен жөндеу-құрылыс өндірісінің тиімділігін арттыру | 46 |

3.2 СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА И НАДЕЖНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ

| | |
|---|----|
| Аралбай С.М., Достанова С. Х., Айтмуханова П. Проблемы динамики сооружений и современные пути их развития | 50 |
| Әлімбай А., Жұман А., Мурзалина Г.Б. Ғимараттардың ілмелі желдетілетін қабырғаларының техникалық жағдайын басқару және олардың ұзақ мерзімділігін бағалау әдістемелік тәсілдерін жетілдіру | 57 |

| | |
|---|----|
| Есмагулов Б.М., Кудайбергенов Н.Б. Сравнительный анализ методов испытаний строительных сталей на растяжение согласно ГОСТ 1497 и EN 10002-1..... | 60 |
| Құтымова А.Ә., Касымова Г.Т. Расчет конструктивных систем на прочность разными методами..... | 64 |
| Мансур А., Слямбаева А.К. Механикалық жүйелердегі жасанды интеллектінің рөлі және әсері..... | 70 |
| Мустафин А.Д., Тулегенова О.Е. Құрылыстағы ауырлық центрінің маңыздылығы..... | 72 |
| Самат Ш.Н., Достанова С.Х., Айтмуханова П. Вероятностные методы исследования надежности строительных конструкций..... | 77 |
| Шахманов А., Сейтказинов О.Д. Проектирование одноэтажного промышленного здания в LIRA-SAPR..... | 84 |
| Юсуп Н., Сейтказинов О.Д. Сейсмический расчет промышленных зданий: современные подходы и инженерные решения..... | 88 |

3.3 ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

| | |
|--|-----|
| Абдрахманов Н.А., Касабекова Г.Т. Микробные топливные элементы для очистки сточных вод (MFCS)..... | 92 |
| Акбосын К., Касабекова Г.Т. Цифровизация очистных сооружений: автоматизация процессов и умные технологии..... | 96 |
| Амитова А.Т., Абдукаликова Г.М. Шағын елді мекендердегі сумен жабдықтау жүйесінің мәселелері..... | 100 |
| Бижанова Д.Р., Утепбергенова Л.М. ВІМ – ғимараттар мен имараттардың құрылысын жобалаудағы инженерлік жүйелер мен желілер басқармасы..... | 104 |
| Қали Ә.М., Касабекова Г.Т. Использование искусственного интеллекта в системах водоснабжения..... | 110 |
| Музыка А.А., Касабекова Г.Т. Добыча энергии из водопроводных сетей..... | 114 |
| Оразымбет Қ.Б., Джартаева Д.К. Эффективность ирригационных технологий в экономном водообеспечении..... | 118 |
| Рахым Л., Молдабаева Г.Н. Табиғи су қоймаларына тастар алдындағы өндірістік және қалалық аймақтардағы жер үсті ағын суларын тазалау мәселелері..... | 123 |

РАЗДЕЛ III СТРОИТЕЛЬСТВО

3.1 СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА

ӘОЖ 628.92

Ақатова Н., СПГС-23-3к тобының студенті, М. Тынышбаев атындағы АЛТ университеті

Мурзалина Г.Б., т.ғ.к., М. Тынышбаев атындағы АЛТ университеті

Джумагалиев Т.К., т.ғ.к., М. Тынышбаев атындағы АЛТ университеті

ТЫҒЫЗ ҚОРШАҒАН ОРТА ҚҰРЫЛЫСЫНДАҒЫ ГИМАРАТТЫҢ ЖОҒАРЫ ТАБИҒИ ЖАРЫҚТАНДЫРЫЛУЫ

Бұл мақалада ғимараттарды табиғи жарықтандырудың тиімді жүйелерін жобалау мәселесінің жағдайы қарастырылады. Бөлмелердегі жарық ортасының сапалық және мөлшерлік сипаттамалары жоғарғы жарық жүйелерінің элементтерін пайдалануда талданады. Табиғи жарық бұл талдауда ғимараттардағы жайлы ішкі микроклиматтың маңызды компоненттерінің бірі ретінде қарастырылған.

Түйін сөздер: жоғарғы табиғи жарықтандыру, қалалық тығыз құрылыс, жерасты кеңістігі, табиғи жарық, ішкі микроклимат, жарық ортасының сапасы, жарық-техникалық әсер, есептеу әдістемесі, ғимарат геометриясы, қалалық орта.

В данной статье рассматривается состояние вопроса проектирования эффективных систем естественного освещения зданий. Анализируются качественные и количественные характеристики световой среды в помещениях при использовании в них элементов систем верхнего света. Естественная освещенность рассматривалась в этом анализе как одна из важнейших составляющей комфортного внутреннего микроклимата в помещениях зданий.

Ключевые слова: верхнее естественное освещение, плотная городская застройка, подземные пространства, естественный свет, внутренний микроклимат, качество световой среды, светотехническое воздействие, методика расчёта, геометрия здания, городская среда.

This article discusses the status of the issue of designing effective natural lighting systems for buildings. The qualitative and quantitative characteristics of the light environment in the lighting when using elements of overhead lighting systems in them are analyzed. Natural illumination was considered in this analysis as one of the most important components of a comfortable indoor microclimate in buildings.

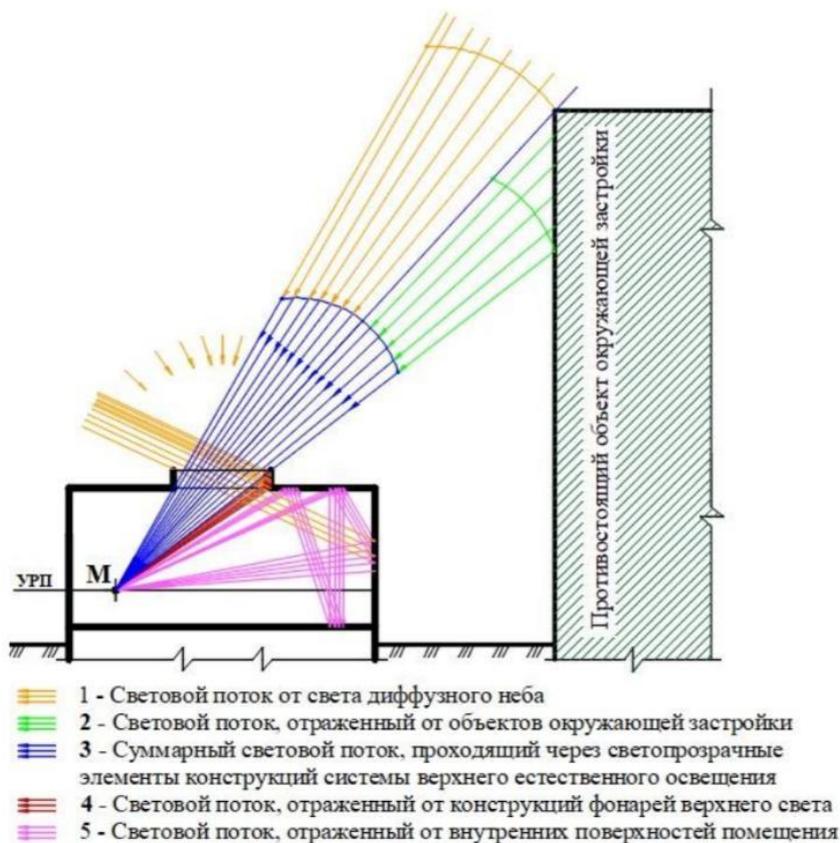
Keywords: top daylighting, dense urban development, underground spaces, natural lighting, indoor microclimate, lighting environment quality, lighting impact, calculation methodology, building geometry, urban environment.

Қазіргі заманғы ірі қалалар жағдайындағы қоршаған құрылыстың жарық техникалық әсері барған сайын байқалады және негізіне мұның бәрі қалалық ортаның экологиялық және инфрақұрылымдық сипаттамалары тұрғысынан нашар-

лауына және ғимараттардағы ішкі микроклимат сапасының нашарлауына әкеледі. Бұл сонымен қатар жер асты қалалық кеңістіктерін негізінен қоғамдық нысандарды салу үшін пайдалануды кеңейтудің қазіргі тенденциясын түсіндіреді. Бұл жағдайда мүмкін болатын жалғыз шешім – мұндай объектілерді жоғарғы табиғи жарық элементтері түрінде табиғи жарықтандыру жүйелері. Бұл шешім ішкі жарық ортасының жайлылығын арттыруға ықпал етеді және қоршаған ортаның тығыз дамуы жағдайында жоғарғы табиғи жарықтандыруды есептеудің қолданыстағы әдістемесін түзетуге негіз болады [1].



1-сурет – Қалыптасқан тығыз қала құрылысында ғимараттарда жоғарғы табиғи жарықтандыру жүйесін қолдану мысалдары



2-сурет – Қоршаған құрылыс объектілерінің биіктігінен асатын кезде жоғарғы табиғи жарықтандыру жүйесі бар бөлмелерге жарық түсуінің сипатын суреттейтін сұлба

Қазіргі заманғы қала құрылысы жағдайында құрылыс толып жатқан және бос қалалық аумақтар тапшылығы бар ірі қалаларда жерасты құрылысының көлемі өсуде. Бұл ретте жер асты немесе көмілген объектілердің бөлмелерінде табиғи жарықтандыруды қамтамасыз етудің жалғыз мүмкін жолы жоғарғы табиғи жарықтандыру жүйесі болып табылады. Нақты қала құрылысы жағдайында қарама-қарсы ғимараттардың жарық техникалық әсері жоғарғы табиғи жарық жағдайында да ескерілуі керек. Мұндай жағдай ешқашан бұрын да, қазіргі уақытта да қарастырылмайды. Бұл мақсат қоюға және зерттеуге арналған тапсырмаларды анықтауға негіз болады (1- және 2-сурет) [2].

Физикалық мағынада бөлмелерге және екеуінде де жарық беру механизмі бірдей болып көрінеді, ал айырмашылықтар негізінен бөлмелердің геометриясымен, осы бөлмелердің әр түрлі параметрлерінің бір-бірімен қатынасымен және, әрине, жарық саңылауы арқылы есептелген нүктелерден байқалатын диффузиялық аспанның салыстырмалы жарықтығымен, сондай-ақ қарама-қарсы бөліктің шағылысқан бөлігінің жарықтығымен байланысты ғимараттар. қазіргі уақытта қолданылып жүрген отандық нормативтік құжаттарда ұсынылған бүйірлік немесе үстіңгі жарықтандырудағы ТЖК есептеу әдістері (1) және (2) [3] формулаларына негізделген:

$$e_p^B = C_N \left(\sum_{i=1}^L \varepsilon_{Bi} q_i + \sum_{j=1}^M \varepsilon_{3Дj} b_{\phi j} K_{3Дj} \right) \tau_0 r_0 MF \quad (1)$$

$$e_p^B = C_N \left[\sum_{i=1}^T \varepsilon_{Bi} q_i + \varepsilon_{CP} (r_2 k_{\phi} - 1) \right] \tau_0 MF, \quad (2)$$

мұндағы e_p^B, e_p^B – бүйірлік және жоғарғы табиғи жарықтандыру жүйесіндегі ТЖК-нің есептік мәндері;

C_N – жарық климатының коэффициенті;

$\varepsilon_B, \varepsilon_B, \varepsilon_{3Д}, \varepsilon_{CP}$ – геометриялық ТЖ аспаннан бүйірлік жарықтандыруда, аспаннан жоғарғы жарықтандыруда, бүйірлік жарықтандыруда қарама-қарсы ғимараттардың қасбеттерінен шағылысқан, аспаннан жоғарғы жарықтандыруда орташа ТЖК;

L – есептеу нүктесінен жарық саңылауы арқылы көрінетін аспанның учаскелерінің саны;

M – есептеу нүктесінен жарық саңылауы арқылы көрінетін қарама-қарсы құрылыс ғимараттарының қасбеттерінің учаскелерінің саны;

T – жабындағы жарық саңылауларының саны;

q – бұлтты аспанның біркелкі емес жарықтығын ескеретін коэффициент;

b_{ϕ} – қарама-қарсы ғимараттың қасбетінің орташа салыстырмалы жарықтығы (бүйірлік жарықтандыру үшін);

$K_{3Д}$ – қарама-қарсы ғимараттардың шағылысуына байланысты ТЖК құрамының ішкі шағылысуының өзгеруін ескеретін коэффициент;

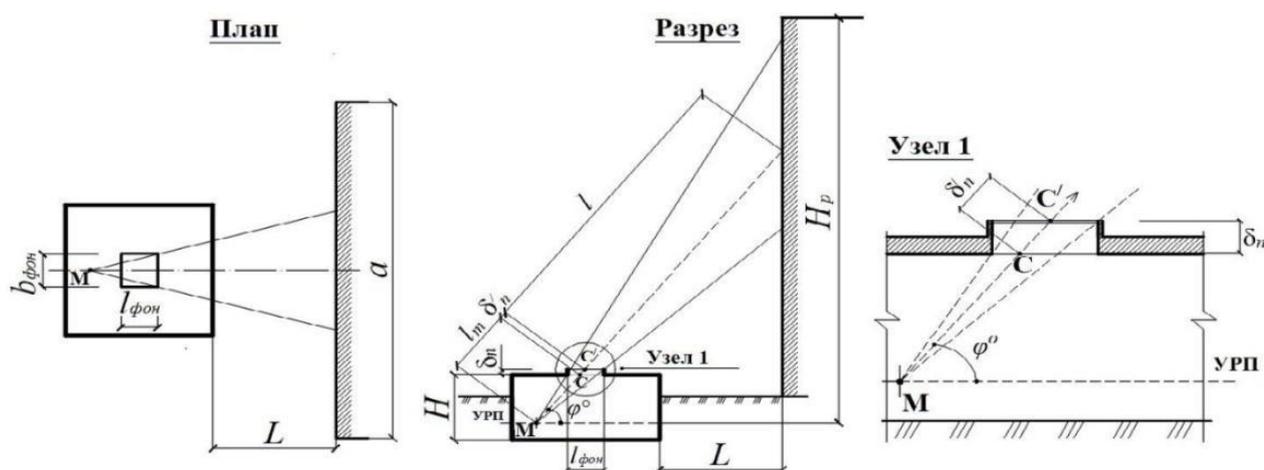
MF – пайдалану коэффициенті;

τ_0 – жарық өткізгіштің жалпы өткізгіштігі, ол жарық өткізгіштің конструкциясын сипаттайды және формула бойынша анықталады;

k_{ϕ} – шамның түрін ескеретін коэффициент;

r_0 және r_2 – бүйірлі немесе жоғарғы табиғи жарықта ішкі беттерден шағылысқан жарықтың әсерін ескеретін коэффициенттер.

Осы формулаларды бірлесіп қарастырудағы олардың негізгі айырмашылығы – бұл бүйірлік жарықтандыру жағдайында ғана болатын жарық ағындарының қарама-қарсы ғимараттардан шағылысуын есепке алу екенін көрсетеді. Алайда, қазіргі заманғы ірі қалаларда жер асты және көмілген қоғамдық мақсаттағы объектілерді дамыту кезінде олардың табиғи жарықтандырудың жалғыз мүмкін жүйесі жоғарғы жарық жолдары арқылы қоршаған құрылыстың экрандаушы және шағылыстырушы әсерінен босатыла алмайды деп айтуға болады (3-сур.).



3-сурет – Жоғарғы жарықтандыру жүйесін қолдану жағдайындағы қарастырылып отырған және қарама-қарсы ғимараттардың орналасқан жерінің геометриялық параметрлерін анықтау сұлбалары

Жұмыстың практикалық маңыздылығы ғимараттардың ұтымды көлемдік-жоспарлау шешімдерін, жабындағы жоғарғы жарық шамдарының орналасуын таңдауға, сондай-ақ ішкі жарық ортасының сапасын жақсартуға және құрылыс жағдайында жоғарғы табиғи жарығы бар ғимараттардағы жарық жағдайлары бойынша талаптардың сақталуын қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін есептеу әдістемесін әзірлеу болып табылады.

Әдебиеттер:

1. Стецкий С.В., Ларионова К.О. Затеняющее влияние окружающей застройки при системе верхнего естественного освещения гражданских зданий // Вестник МГСУ. – 2012. – №9. – С. 44-47.
2. Ларионова К.О. Светотехническое влияние окружающей застройки в помещениях с системой верхнего естественного освещения // Научное обозрение. – 2015. – №14. – С. 94-97.
3. ҚР ЕЖ 2.04-104-2012*. Табиғи және жасанды жарықтандыру // Ресми басылым. Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитеті. – Астана, 2024. – С. 109.

Бақытжанқызы А., СПГС-23-3к тобының студенті, М. Тынышбаев атындағы АЛТ университеті

Мурзалина Г.Б., т.ғ.к., М. Тынышбаев атындағы АЛТ университеті

ИЛГІШ ТЕМІРБЕТОН ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ ПАЙДАЛАНУ ЖАҒДАЙЛАРЫН ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП СЫРТҚЫ КОМПОЗИТТІК АРМАТУРАМЕН КҮШЕЙТУ

Бұл мақалада көміртекті талшықтар негізіндегі композициялық материалдан күшейтілетін элемент пен күшейту элементінің бірлескен жұмысының алғы шарттарын анықтау арқылы алдын-ала кернеуленген жүктемені ескере отырып, жүктеме кезінде күшейтілген темірбетон элементтерінің беріктігі мен деформациясын бағалау қарастырылады. Жұмыс нәтижелерін іске асыру темірбетон элементтерінің күш кедергісін қалпына келтіруге немесе арттыруға бағытталған.

Түйін сөздер: *композиттік материалдар, темірбетон конструкцияларын күшейту, сыртқы арматура, талшықты композиттер, көміртекті талшық, арамид талшық, шыны талшық, полимер матрица, FRP материалдары, серпімді деформация, құрылыс конструкцияларын қалпына келтіру.*

В данной статье рассматривается оценка прочности и деформативности усиленных под нагрузкой железобетонных элементов с учётом предварительного нагружения, выявлением предпосылок совместной работы усиливаемого элемента и элемента усиления из композитного материала на основе углеродных волокон. Реализация результатов работы ориентирована на восстановление или повышение силового сопротивления железобетонных элементов.

Ключевые слова: *композитные материалы, усиление железобетонных конструкций, внешнее армирование, волокнистые композиты, углеродные волокна, арамидные волокна; стекловолокно, полимерная матрица, материалы FRP, упругая деформация, восстановление строительных конструкций.*

This article examines the assessment of the strength and deformability of reinforced concrete elements reinforced under load, taking into account the history of preloading, identifying the prerequisites for the joint operation of the reinforced element and the reinforcement element made of a composite material based on carbon fibers. The implementation of the work results is focused on restoring or increasing the strength resistance of reinforced concrete elements.

Keywords: *composite materials, strengthening of reinforced concrete structures, external reinforcement, fiber-reinforced composites, carbon fibers, aramid fibers, glass fibers, polymer matrix, FRP materials, elastic deformation, rehabilitation of building structures.*

Темірбетон конструкцияларын күшейту және қалпына келтіру жұмыстары, қалпына келтіру жұмыстарын жүргізуде жүктеме тарихын, материалдардың физикалық сызықтық емес жұмысын, геометриялық сызықтық еместігін, технологиялық әсерлерді ескеруі қажет мінсіз есептеу әдістерін қажет етті. Мұны бетон мен темірбетонның күшік және күштік емес төзімділігі туралы эксперименттік-теориялық зерттеулер негізінде шешуге болады.

Композиттік деп екі немесе одан да көп компоненттерден (фазалардан) тұратын материалдар аталады. Алғашқы заманауи композиттік материал 30-шы жылдардың соңында инженер А.К. Буров жасаған жасанды үздіксіз шыны талшықтардан және жасанды полимерлі матрицадан жасалған бір бағытты шыны талшық болып саналады [1]. Екінші дүниежүзілік соғыс аяқталғаннан кейін бірнеше онжылдықтар ішінде ғылым мен техника салаларында композиттік материалдарды әзірлеуге және пайдалануға байланысты бағыт өте қарқынды дамыды.

Материалды композициялық деп санау үшін бірқатар шарттарды сақтау қажет. Ең алдымен, материал кем дегенде екі компоненттен тұруы керек. Екіншіден, әр компоненттің үлесі белгілі бір мәннен төмен болмауы керек, шамамен 5-10%. Үшіншіден, фазалардың қасиеттері айтарлықтай өзгеше болуы керек, сондықтан композиттің қасиеттері бастапқы компоненттерден өзгеше болуы керек.

Микро деңгейде композиттер үздіксіз фазадан – матрицадан және арматуралық фазадан – толтырғыштан тұрады. Толтырғыштың рөлі матрицаның қасиеттерінің бағытын өзгерту болып табылады. Композиттік материалдарда керамикалық, металл немесе полимерлі матрица болуы мүмкін. Полимер матрицалары төмен беріктігі және серпімділік модулі; керамикалық матрицалар жоғары беріктігі мен қаттылығына ие, бірақ сынғыш; металл матрицалар орташа беріктік пен деформация мәндеріне ие.

Толтырғыш бөлшектер немесе талшықтар түрінде берік және қатты материалдардан (көміртегі, шыны, арамид, бор, карборунд, сазбалшық және т.б.) жасалады. Бөлшектер түріндегі толтырғыш шағын өлшемге, шамамен үш өлшемде шамамен бірдей өлшемдерге, шамамен 10 мкм ие болады. Талшық түріндегі толтырғыштың диаметрінен үлкен ұзындығы бар. Әдетте композиттерді алу үшін ұзындықтың диаметрге қатынасы аз үздіксіз немесе қысқа талшықтар қолданылады. Бөлшектер мен талшықтар кездейсоқ бағдарланған немесе бағдарланған болуы мүмкін. Егер матрицадағы толтырғыштың бағыты бір бағытта болса, онда композит бір осьті арматураланған; егер екі осьті болса – екі осьті арматураланған [2].

Композиттердің жеке класы – ламинаттар мен будандар. Ламинаттар – белгілі бір ретпен және бағытта салынған бірнеше бір бағытты қабаттардан тұратын композициялық материалдар. Ламинат қабаттарының саны әдетте 4-тен 40-қа дейін. Гибридтер әртүрлі типтегі талшықтармен нығайтылған композиттер деп аталады, мысалы, шыны және көміртекті талшықтардың қоспасы.

Құрылыс конструкцияларын жөндеу және нығайту үшін қатайтатын полимерде омонолизацияланған микрофибрлерден жасалған талшық негізіндегі композиттер қолданылады. Матрица ретінде эпоксидті және полиакринитрилді шайырлар жиі қолданылады. Талшықтың түріне байланысты композиттер көміртекті талшықтар (КМФУ), арамид талшықтары (КМФА) және шыны талшықтар (КМФС) негізінде композициялық материалдарға бөлінеді. Шетелдік әдебиеттерде мұндай материалдар FRP (fiber reinforced polymer) деп аталады.

Шыны талшықтарға негізделген композиттерде кварц әйнектері қолданылады. Шыны талшықтар 3 түрге бөлінеді: Е-құрамында бор қышқылы мен

алюминий бар, сулы ерітінділерде жақсы жұмыс істейтін және сілтілі және қышқылдық агрессияға нашар төзімді шыны талшық; А-шыны талшық, берік және қатал, бірақ сілтілерге осал; АR-құрамында цирконий мөлшері жоғары және сілтілердің әсеріне төзімділігі жоғары шыны талшық.

Нейлонды қайталайтын арамид талшықтары әртүрлі атаулармен шығарылады: кевлар, тварон, технора. Арамид талшықтары анизотропты, беріктігі жоғары және серпімділік модулі көлденең бағытта, созылу күштерімен иілгіш және қысу күштерімен серпімді. Арамид талшықтары жоғары қаттылыққа, төмен жылу және электр өткізгіштікке ие.

Көміртекті талшықтар прекурсор деп аталатын бастапқы материалдан жасалады. Талшықтардың механикалық қасиеттері прекурсорға және карбонизация дәрежесіне байланысты. Прекурсордың 3 түрі бар: жоғары модульді экструдталған пек талшықтары, полиакринитрилді талшықтар, целлюлоза талшықтары [3].

Матрицаның рөлі талшықтар арасындағы кернеулерді беру, оларды сыртқы әсерлерден қорғау және тасымалдау мен орнатудың ыңғайлылығын арттыру болып табылады. Матрица-полимер беріктік пен серпімділік модулін көлденең бағытта, ығысу кедергісін және сығылған кезде талшықтың кернеулі деформацияланған күйін анықтайды. Көбінесе эпоксидті, полиэфирлі, полиамидті және фенолды шайырлар матрица ретінде әрекет етеді.

Сыртқы арматура әдісімен құрылыс конструкцияларын нығайту үшін негізінен кенептер түріндегі композиттер: талшықтардың бір немесе екі бағытты орналасуы бар икемді маталар қолданылады. Монтаждау кезінде олар құрылымнан талшыққа күш беруді қамтамасыз ететін және оларды қайта бөлетін матрица - желімдегі құрылымның бетінде омонолизацияланады.

Композициялық материалдардың физика-механикалық қасиеттері талшықтың түрімен, оның кенептің көлденең қимасындағы бағыты мен таралуымен, сондай-ақ талшық пен матрицаның көлемдік қатынасымен анықталады. Құрылымдарды нығайту үшін композиттерде қолданылатын талшықтардың қасиеттері 1-кестеде, ал полимер матрицалары 2-кестеде келтірілген [4].

1-кесте – Композиттік материалдарды дайындауда қолданылатын талшықтардың физика-механикалық қасиеттері

| Талшық түрі | Серпімділік модулі, E, (ГПа) | Созылу беріктігі, Rt (МПа) | Шекті созылу, δ (%) | Тығыздық, ρ , (кг / м ³) |
|----------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|---|
| Көміртек (VP) | 200-250 | 3400 - 3900 | 1,5-2,5 | 1750-1950 |
| Көміртек (BM) | 300-700 | 2900 - 4000 | 0,45-1,2 | 1750-1950 |
| Арамид (VP) | 75 | 3500 | 4,6 | 1400 |
| Арамид (BM) | 110 | 2900 | 1,5-2,4 | 1400 |
| Шыны (E түрі)1 | 72-77 | 3400 - 3700 | 3,3-4,8 | 2600 |
| Шыны (C түрі)2 | 75-88 | 4300 - 4900 | 4,2-5,4 | 2500 |
| Шыны (A түрі)3 | 21-74 | 3000 - 3500 | 2,0-4,3 | 2700 |

1-Әмбебап, 2-беріктігі жоғары, 3-сілтіге төзімді

2-кесте – Конструкцияларды күшейту кезінде қолданылатын терморективті шайырлардың физика-механикалық қасиеттері

| Өндіруші фирманың атауы | $t_{ж}^1$ | E_p | R_p | S | $E_{и}$ | R_u | $T_{прим}$ | $T_{экс}$ |
|--------------------------------|-----------|-------|-------|-----|---------|-------|------------|-----------|
| | мин | ГПа | МПа | % | ГПа | МПа | °с | °с |
| Tyfo® S Saturant Epoxy | 180-360 | 3,18 | 72,4 | 5 | 3,12 | 123,4 | +4..+32 | <82 |
| Tyfo® G Epoxy Gel Coat | 180-360 | 2,23 | 50,7 | 3,5 | 2,18 | 86,4 | +4..+32 | <82 |
| Tyfo® T High Temperature Epoxy | >240 | 3,2 | 119 | 3,8 | 3,2 | 73,1 | +4..+32 | <121 |
| Wabo® MBrace Saturant | 45 | 3 | 54,5 | 3,5 | 3,7 | 138 | +10..+32 | - |
| MapeWrap®31 | 40 | - | 30 | 1,2 | 3,8 | 70 | +5..+30 | - |
| MapeWrap® 21 | 40 | - | 30 | 1,2 | 2,5 | 55 | +10..+30 | - |
| Mape® Adesilex PG | 30 | - | - | - | - | - | +5..+30 | - |
| Sikadur® 30 | 70 | 4,5 | 24,8 | 1 | 11,7 | 46,8 | +15..+24 | - |
| Sikadur® Hex300/306 | 240 | 3,2 | 72,4 | 4,8 | 3,1 | 123,4 | +18..+24 | <60 |

Композиттік материалдардың маңызды сапасы – олардың бұзылуына дейін серпімді деформациясы.

1-суретте композициялық материалдар талшықтарының негізгі түрлерінің деформация диаграммасы көрсетілген.

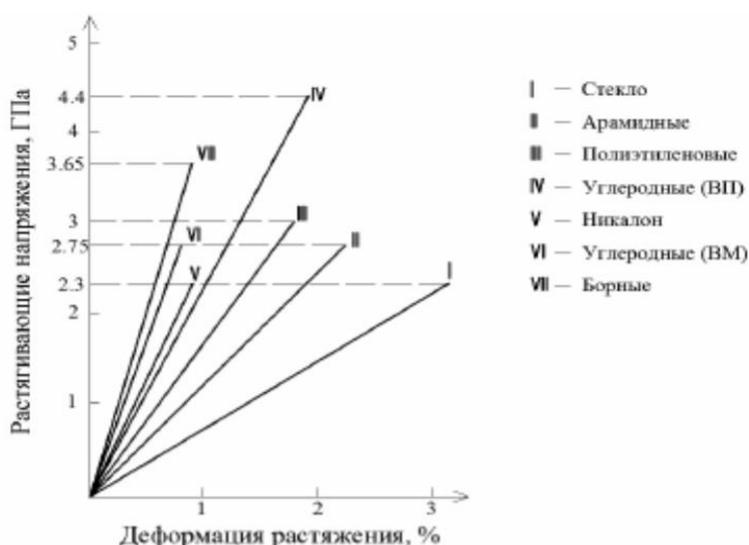


Рисунок 1. Диаграмма деформирования для различных типов композитных волокон

1-сурет – Композиттік талшықтардың әртүрлі түрлерінің деформация диаграммасы

1-суреттен көріп отырғанымыздай, композициялық талшықтардың болаттан айырмашылығы пластикалық қасиеттермен сипатталмайды және олардың бұзылуы нәзік. Осыған байланысты композиттерден сыртқы арматурамен темір-бетон конструкцияларын нығайтуды жобалау кезінде бетон мен болаттың серпімді деформацияларының мөлшеріне шектеулер қойылады. Осы кемшілікті

жою мақсатында 1990 жылдары жоғары беріктігі бар болат талшықтармен нығайтылған композиттердің көмегімен күшейту бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізілді [5]. Тоқылған жіптерден жасалған болат талшықтар эпоксидті полимерде қатайтылды. Зерттеуде көрсеткендей, талшықтардың созылу беріктігі 750 МПа, ал серпімділік модулі болатпен салыстыруға болатын. Артықшылықтарға құрылымның негізгі арматурасымен деформацияның икемділігі мен үйлесімділігі кірді.

Құрылыс конструкцияларын күшейтуді жобалау кезінде композиттік материалдардың сығылу беріктігі созылу беріктігінен аз екенін есте ұстаған жөн. Бойлық сығылу кезінде КМФ көлденең созылу деформацияларынан, матрицадағы талшықтардың тұрақтылығын жоғалтудан немесе кесуден бұзылуы мүмкін. Орташа сығылу беріктігі КМФУ үшін созылу беріктігінен – 78%, КМФС үшін – 55%, КМФА үшін – 20% құрайтыны анықталды [6].

Әдебиеттер:

1. Антаков А.Б. Анализ нормативных подходов к оценке прочности нормальных сечений изгибаемых элементов, армированных полимеркомпозитной арматурой / А.Б. Антаков, И.А. Антаков // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2014. – №1. – С. 75-80.
2. Бадалова Е.Н. Усиление изгибаемых железобетонных конструкций углепластиковой арматурой / Е.Н. Бадалова // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия. F. Прикладные науки. – 2007. – №6. – С. 54-59.
3. Бадалова Е.Н. Экспериментальные исследования изгибаемых железобетонных конструкций, усиленных приклеиванием углепластиковых пластин / Е.Н. Бадалова // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Прикладные науки. – 2009. – №12. – С. 45-50.
4. Байков В.Н. О дальнейшем развитии общей теории железобетона / В.Н. Байков // Бетон и железобетон. – 1979. – №7. – С. 27-29.
5. Huang X., Birman V., Nanni A., Tunis G. Properties and Potential for Application of Steel Reinforced Polymer (SRP) and Steel Reinforced Grout (SRG) Composites. Internet. University of Missouri-Rolla. 2003. 27 p.
6. Шилин А.А. Внешнее армирование железобетонных конструкций композитными материалами. / А.А. Шилин, В.А. Пшеничный, Д.В. Карпузов. – М.: Стройиздат, 2007. – 180 с.

ӘӨЖ 721.012

Бердіқожа Ж.Е., ХБК (ҚазБСҚА) РПЗС 21-5 тоб. ст.
Ажғалиева Б.А., т.ғ.к., ХБК (ҚазБСҚА) қауымд. проф.

АҚЫЛ-ОЙЫ ЕРЕКШЕ АДАМДАРҒА АРНАЛҒАН СӘУЛЕТТІК ЖОБА

Бұл мақалада ақыл-ойы ерекше, мүмкіндігі шектеулі жандарға арналған құрылыс жобасының негізі талқыланады. Өзіндік ойлау және әрекет ету мүмкіндігі шектеулі балалар, сондай-ақ ересек адамдар өмір сүретін ортаның біркелкі құрылыс жұмыстары көбірек назарға алынып қана қоймай, оны барлық елде, қалаларда қолға алу принциптері, мәселелері, талаптары негізге ұсынылады.

Түйін сөздер: инклюзивті дизайн, эргономика, түс палитрасы, акустика, қауіпсіз материалдар, бағыт-бағдар.

В этой статье обсуждается основа строительного проекта для людей с особыми потребностями и ограниченными возможностями. Особое внимание уделяется созданию равных условий для строительства среды, в которой проживают дети и взрослые с ограниченными возможностями, а также предлагаются принципы, проблемы и требования, которые должны быть учтены при реализации таких проектов в разных странах и городах.

Ключевые слова: инклюзивный дизайн, эргономика, цветовая палитра, акустика, безопасные материалы, направление.

This article discusses the foundation of a construction project for individuals with special needs and disabilities. It focuses on creating equal conditions for the environment in which children and adults with disabilities live. The principles, issues, and requirements for implementing such projects in different countries and cities are also proposed.

Keywords: inclusive design, ergonomics, color palette, acoustics, safe materials, wayfinding.

1. КІРІСПЕ

Ақыл-ойы ерекше адамдар үшін олар қоныстанатын баспанасы, қоғамдық орындардың сәулет өнері, құрылыс құрылымдарының маңызы соңғы онжылдықта жеткілікті түрде өсті деуге болады. Себебі мүмкіндігі шектеулі адамдарға тек өз баспанасы емес, сыртқы әлемнің структурасының әсері көп. Қазіргі дамыған қоғамда олардың қауіпсіз әрі ыңғайлы өмір сүруі үшін сәулеттік шешімдер мен маңызды жобалар өте қажет [1].

Сол мақсатты жүзеге асыру үшін еліміздегі ерекше адамдардың психологиясын, өз қалауларын зерттей отырып, оларға қандай сәулеттік дизайн, құрылым, құрылыс материалдарының аса әсері бар екенін талдап, ең қажетті нұсқауларын ұсынатын боламыз.

Ең маңызды факторлар – түстер үйлесімділігі, акустика, жарық, қарапайым нұсқаулар, материалдар формасы, тыныш зоналар және т.б негізгі назарға алынады [1]. Зерттелген әдістерді негізге ала отырып, сәулеттік жобаның негізгі мақсаты – қауіпсіздік және ыңғайлылық сезімін тудыру.

2. ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ

Құрылыс саласында бұл тақырыптың өзіндік ғылыми атауы бар. Ол «эргономика» деп аталады. Бұл арнайы мүмкіндігі шектеулі жандарға бағытталған зерттеу жұмыстарының негізінде қалыптасқан арнайы ғылыми бағыт болып саналады. Ол ерекше адамдардың қоршаған ортамен тығыз байланысын негізге ала отырып, ең негізі факторлар, яғни функциональдық жазықтық пен ыңғайлы ортаның қалыптасуын жүзеге асырады [1].

Аса қажеттілігі бар негізгі параметрлер тізімі:

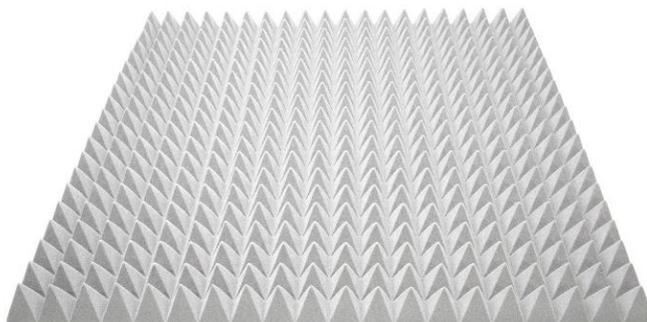
- түстер гаммасы;
- реттелетін жарық;
- түсінуге оңай навигация режимі;
- акустикалық ыңғайлылық;
- арнайы құрылыс материалдары;
- қоршаулар ортасы.

Мақалада осы компоненттер негізі аса назарға алына отырып, қолданысқа тиісті шаралардың алгоритмі қарастырылады.

3. ӘДІСТЕР МЕН ЗЕРТТЕУЛЕР

Сараптама жұмыстарын жасау арқылы, тиімді әдістемелер мен материалдар жиынтығының анықтамасы бойынша осындай компоненттер негізгі деп қарастырылды. Психикалық ақыл-ойы сау адамдармен бірдей жағдайды салыстырып, олар (ерекше адамдар) өздерін қандай жағдайда қолайсыз, ыңғайсыз әрі қауіпті сезінетініне зерттеу мен тәжірибе жүргізіп, осы мақалада талдайтын боламыз. Алдымен, ақыл-ойы ерекше адамдардың күнделікті тұратын баспанасына қатысты сәулеттік жобаның шешімдерін қарастырайық:

1. Акустикалық қолайлылық. Психикалық ауытқуы бар адамдарға сыртқы дыбыс, шу, вибрация қатты әсер ететінін елей отыра, акустикалық арнайы панельдер, дыбыссыз есіктер (есік жабылғанда дыбыс шығармайтын есіктер), қос шынылы терезелер мен есіктерді қолданылу ұсынады [1].



1-сурет – Дыбысоқшаулағыш материал.

Олар жаңғырықтың алдын алып, тыныш зонаның болуын қамтамасыз етеді. Қос шынылы терезелер сыртқы дыбысты азайтуға көмектеседі.



2-сурет – Қос шыны (терезе).

2. Түстер палитрасы. Әр түстің адамға өзіндік әсері бар. Ерекше адамдар үшін жайлылық тудыратын, стрессті, уайымды сейілетін түстер қатарына ашық түстер жатады (ашық көк, ашық қоңыр, жасыл түстің ашық реңктері, т.б. түстер). Қызыл, қара секілді агрессивті түстерді өте көп қолдану мазасыздық, қорқыныш сезімін көп тудыратыны зерттелді [2].

3. Жарықтандыру жүйесі. Жүйке жүйесіне жарықтың әсерін ескерсек, ерекше жандардың жергілікті өмір сүретін баспанасында жарықтың авторежимі болғаны өте пайдалы. Себебі қатты жарықтың болуы, суық түс беретін жарық психикаға қатты әсер етеді. Қолданылуға ұсынылатын ескертпелер: жарық спектрі 2700-3500К аралығында болуы, жарық режимін ауыстыра алатын автоматты жүйенің болуы (диммерлер); жасанды жарықтандырудың орнына көп жағдайда табиғи жарықты қолдану (вертикаль перделер, терезенің күңгірт материалдан болуы) [2].



3-сурет – Диммер.



4-сурет – Тік перделер.

4. Материалдар. Баспанада қозғалыс жасауға кедергі келтіретін материалдардың болмауы шарт. Соның ішінде: еденнің тайғақ болмауы (табиғи ағаш, линолеум қолдануға болады), материал текстурасы жұмсақ әрі жағымды болуы, суық және дөрекі материалдан (металл, өткір әйнек) аулақ болу және т.б. Онымен қоса, үйдегі жиһаздың жұмсақ материалдан жасалғаны маңызды. Оның ішіне: велюр, микрофибра, табиғи ағаш, гиппоаллергенді материалдар, созылатын материалдар кіреді [3].



5-сурет – Жұмсақ велюр материалы.

Аса қауіп тудыруы мүмкін жиһаздар немесе жабдықтардың суық үшкір бұрышынан қорғану үшін силиконды бұрыштық жапсырмаларды қолдануға кеңес беріледі.



6-сурет – Силиконды жапсырмалар.

Қоғамдық орындарға қатысты шешімдер:

- дәліздер мен есіктердің ені кемінде 1200 мм болуы;
- адамдар көп жүретін жерлерде, ғимараттарда тыныш зоналардың болуы;
- шамадан тыс жарық, қатты дыбыс тудыратын аппараттардың бірге орналаспауы;

- баспалдақтардың санын азайту, немесе көтерілуі қиын жерлерде міндетті түрде пандустар немесе лифттер орнату [3];
- үшкір бұрыштар мен қауіп тудыруы мүмкін қатты материалдардың мейлінше аз болуы немесе қорғаныс қабығының болуы;
- ескертпелер мен навигацияның анық әрі түсінікті түрде жазылуы [3];
- тактильді бағдар беретін батырмалар, схемалар болуы [3];
- жедел көмекке шақыру жүйелерінің әр жақын арақашықта орналасуы.

3. НӘТИЖЕЛЕР МЕН ТАЛҚЫЛАУ

Зерттеулердің нәтижесі ментальды ерекшеліктері бар адамдар үшін сәулеттік дизайнның маңызы зор екенін көрсетті. Өртүрлі объекттердің талдауы бойынша, басты проблемалардың басым көпшілігі шамадан тыс шу, дыбыс, агрессивті жарықтандыру, дұрыс емес навигациялар, қате таңдалынған қатты жиһаздар мен жабдықтар екені анықталды. Басқарылатын жарықтандыру жүйесі, тактильді ориентирлер және дыбысоқшаулағыш материалдар ерекше адамдардың уайымы мен қорқынышын сейілтеді. Ал жұмсақ материалдан жасалған заттар мен күнделікті өмірде қолданатын жиһаздардың қолданылуы – кенеттен болуы мүмкін қауіп пен жаракаттанудың алдын алады. Ал қоғамдық орындарда түс арқылы бөлінген зоналар мен түсінікті тақтайшалар, схемалар – олардың кеңістікті қозғалысын жеңілдеті түседі. Солайша, жергілікті өмір сүретін үй-жайлар, қоғамдық орындарды дұрыс жобалауға жасалған қадам адам өмірінің сапасын арттырып, қауіпсіздігін арттырады. Бұл нәтижелер сәулеттің инклюзивті стандарттарының орындалуын міндетті деп санайды.

4. ҚОРЫТЫНДЫЛАР

Осылайша, зерттеу нәтижелердің негізінде ғимараттардың құрылысы мен сәулеті тек қарапайым адамдарға ғана емес, ерекше қамқорлық пен қолдауды қажет ететін ерекше адамдарға да әсері орасан зор екенін дәлелдедік. Зерттеу нәтижесінде тек кітаптар мен ереже нұсқаулықтардан басқа, аса назарға қойған ерекше адамдардың өзінен де сұхбат алынды. Олардың ыңғайлы әрі қауіпсіз өмір сүруі – ең басты мақсат болып саналады. Елімізде жыл өткен сайын ақыл-ойы ерекше адамдарға құрылыс структурасы бойынша ескертпелері мен қажеттіліктері негізге алынып, үздіксіз жұмыс жасалуда. Себебі мақаланың негізгі мақсаты – құрылыс пен сәулеттің негізін түсіндіру, ал оның негізі – адамдардың бақытты әрі қауіпсіз ортада өмір сүруімен тығыз байланысты.

Әдебиеттер:

1. Magda Mostafa. *Autism aspects in school design*. – 2014. – 145-148 p.
2. Canter, David V. *Psychology for architects* – 1975. – 70 p.
3. Edmund Ramsden. *Designing for Mental Health: Psychiatry, Psychology and the Architectural Study*. – 2019. – 209-214 p.

Ержұман М., СПГС-23-3к тобының студенті, М. Тынышбаев атындағы АЛТ университеті

Мурзалина Г.Б., т.ғ.к., М. Тынышбаев атындағы АЛТ университеті

ҚҰРЫЛЫС НЫСАНДАРЫНЫҢ ӨМІРЛІК ЦИКЛІНІҢ БАРЛЫҚ КЕЗЕҢДЕРІНДЕ ҰЙЫМДАСТЫРУ-ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ СЕНІМДІЛІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ

Бұл мақалада жылжымайтын мүлік нысандарының өмірлік циклінің барлық кезеңдерінде сенімділікті нормативтік-әдістемелік қамтамасыз ету ережелерін белгілеуге мүмкіндік беретін тұжырымдаманы әзірлеу мәселесі қарастырылады. Осылайша, жұмыстың өзектілігі құрылыс өндірісін ұйымдастырудың әдістері мен үлгілерін жетілдіру қажеттілігімен айқындалады, бұл ғимарат элементтерін өмірлік циклінің барлық кезеңдерінде ықтималдық тұрғысынан бағалауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: жылжымайтын мүлік объектілері, өмірлік цикл, сенімділік, құрылыс-монтаж жұмыстары, ұйымдастыру-технологиялық сенімділік, құрылыс өндірісін басқару, пайдалану кезеңі, қайта құру, техникалық қызмет көрсету, инвестициялық-құрылыс жобалары.

В данной статье рассматриваются разработка концепции, позволяющей установить правила нормативно-методического обеспечения надежности объектов недвижимости на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ). Таким образом, актуальность работы определяется необходимостью в совершенствовании методики и моделей организации строительного производства, при которых возможна вероятностная оценка элементов зданий на всех стадиях ЖЦ.

Ключевые слова: объекты недвижимости, жизненный цикл, надежность, строительно-монтажные работы, организационно-технологическая надежность, управление строительным производством, этап эксплуатации, реконструкция, техническое обслуживание, инвестиционно-строительные проекты.

This article examines the development of a concept that enables the establishment of rules for regulatory and methodological support of the reliability of real estate objects at all stages of their life cycle. Thus, the relevance of the work is determined by the need to improve the methods and models of construction production organization, which would allow for a probabilistic assessment of building elements at all stages of the life cycle.

Keywords: real estate objects, life cycle, reliability, construction and installation works, organizational and technological reliability, construction management, operation stage, reconstruction, maintenance, investment and construction projects.

Қазіргі уақытта ғылыми-техникалық үдеріс құрылыс-монтаж жұмыстарын (ҚМЖ) жүргізу мен жөндеу жұмыстарын орындау тәсілдерін өзгертті. Бұл инновациялық құрылыс материалдары мен технологияларының, сондай-ақ құрылыс өндірісін ұйымдастыру мен басқарудағы жаңа әдістер мен тәсілдердің пайда болуына байланысты. Бұл жағдай жылжымайтын мүлік нысандарының өмірлік циклі (ӨЦ) кезеңдерінде сенімділікті бағалаудың жаңа әдістерін әзірлеу мен қолданыстағыларын жетілдіру міндеттерін айқындайды.

Қазіргі кезеңде ғылыми-техникалық үдерістің жеделдеуі жағдайында сенімділік мәселесі ең маңызды мәселелердің бірі болып табылады.

Инвестициялық-құрылыс жобаларын іске асыру барысындағы сенімділік қалыптасатын құрылыс нысандарының өмірлік циклі кезеңдерінің негізгі сатылары (1-сур.):



1-сурет – Жылжымайтын мүлік нысанының физикалық өмірлік циклі

1. Жобалау (ғимараттар мен имараттардың жұмыстық және эскиздік жобаларын, қайта құрылымдау немесе жаңа құрылысқа арналған жобалық құжаттамаларды әзірлеу);

2. Құрылыс (ғимараттарды салу процесі және құрылыс материалдарын қолдану, құрылыс объектісін тұрғызу кезінде құрылыс-монтаждық жұмыстарды жүргізу);

3. Пайдалану (салынған объектіні пайдалану).

Экономикалық көзқарас тұрғысынан [1], объектінің өмірлік циклі инвестициялық жобаның экономикалық тартымдылығын талдау және бағалаудан бастап, негізгі қорлардың бастапқы тұтыну құнын біртіндеп жоғалту сәтіне дейін, бұл тек олардың жұмыс істеуімен ғана емес, сондай-ақ әрекетсіздігімен де (сыртқы, атмосфералық әсерлерден, коррозиядан бұзылуы) сипатталады, үш кезеңге бөлінеді:

1. Нысанды салу кезеңі (инвестицияға дейінгі фаза – инвестициялық мүмкіндіктерді анықтайды; инвестициялық фаза (жобаны енгізу кезеңі) – технологиялар мен шешім компоненттерін енгізу, енгізілген шешімді тұрақтандыру);

2. Нысанды толық өтелім кезеңіне дейін пайдалану (жобаның кәсіпкерлік фазасы);

3. Нысанды пайдалану және салынған инвестициялар бойынша нәтиже алу (кеңейту мен инновациялар, нысанды жабу).

Сенімділікті зерттеу жобалау үдерісінің (1-кезең) құрамдас бөлігі болып табылады. Осы кезеңде сенімділік сипаттамаларына ерекше көңіл бөлу керек, техникалық шарттарды әзірлеу барысында оларды ескеріп, жобаны әзірлеу сатысында үнемі бағалап отыру қажет. Бұл жобаның құрылымын оңтайландыру мен нысанның бүкіл өмірлік циклі бойында тиімділігін қамтамасыз ету үшін маңызды.

Екінші кезең өндірістік қуаттылықты дамыту мен пайдалануды қамтиды және қолда бар ресурстарды теңгерімді пайдалануға бағытталған. Үшінші кезеңде нысанның өмірлік циклінің одан әрі даму процесі жүзеге асады: қосымша

инвестициялау, сапа бақылауы, қаржылық және ұйымдастырушылық басқаруды жетілдіру. Бұл кезең ұзақ мерзімді ретінде қарастырылады. Нысанның жұмыс қабілеттілігіне шектеу қоятын фактор – физикалық және моральдық тозуды жоюға арналған жоспардан тыс шығындар. Сондықтан жылжымайтын мүлік нысандарының сенімділігін қамтамасыз ету өмірлік циклдің барлық кезеңдерінде ерекше назарда болуы қажет.

Сенімділік ұғымын қарастырайық. Мысалы, МЕМСТ 27.002-2015 «Техникадағы сенімділік, терминдер мен анықтамалар» сәйкес ғимараттың сенімділігі үш негізгі қасиетімен сипатталатын, оның құрамдас элементтерінің сенімділігімен анықталады, мысалы, ақаусыз жұмыс, яғни бірінші пайда болғанға дейін мәжбүрлі үзілістерсіз жұмыс қабілеттілігін сақтау мүмкіндігі; төзімділік, яғни жөндеу-баптау жұмыстарындағы үзілістерді және туындаған ақауларды жоюды ескере отырып, күрделі жағдай басталғанға дейін жұмыс қабілеттілігін сақтау мүмкіндігі және техникалық қызмет көрсету және орындалатын жоспарлы және жоспардан тыс жөндеу жұмыстарының көмегімен ақаулар мен бұзылулардың алдын алу және жою үшін құрылыс элементтерінің техникалық қызмет көрсету қабілеті [2].

МЕМСТ 27202-2012 «Техникадағы сенімділік. Сенімділікті басқару. Өмірлік циклдің құны» келесі ұғымды реттейді: «Сенімділік – өнімнің дайындығын және оған ақаусыз жұмыс, техникалық қызмет көрсету және жөндеудің тиімділігі сияқты факторлардың әсерін сипаттайтын ұжымдық термин» [3].

МЕМСТ 27.002-2015 «Техникадағы сенімділік. Терминдер мен анықтамалар» сәйкес сенімділік ұғымын пайдаланудың, техникалық қызмет көрсетудің, сақтаудың және тасымалдаудың белгіленген режимдері мен шарттарында қажетті функцияларды орындау мүмкіндігін уақыт өте келе объектінің қасиеті ретінде түсіну керек. Бұл жағдайда сенімділік күрделі қасиет болып табылады, ол объектінің мақсатына және оны пайдалану шарттарына байланысты келесі қасиеттерді қамтуы мүмкін: ақаусыз жұмыс, техникалық қызмет көрсету, қалпына келтіру, ұзақ мерзімділік, сақтау, дайындық, сондай-ақ осы қасиеттердің кейбірін біріктіру мүмкіндігі [4].

Ұйымның сенімділігі ұзақ уақыт бойы тұрақты жұмыс істеу қабілетін білдіреді, оның бірі ұйымдастыру-технологиялық сенімділік (ҰТС) болып табылатын көрсеткіштермен сипатталады, оның негізінде ұйымның даму динамикасын, сондай-ақ инвестицияланған қаражаттың қайтарымының бақылауға болады.

Құрылыс-монтаж жұмыстары кешенінде нақты көрсеткіштерде бөлімшелер қызметінің жоспарлы көрсеткіштерінен жиі елеулі ауытқулар болады, бұл олардың төмен сенімділігін сипаттайды. Жоспарлы тапсырмадан кез келген ауытқу қалаусыз, бұл ауытқулар түптеп келгенде еңбек ұжымының экономикалық нәтижелеріне әсер ететіндігімен, объектілерді салу мерзімінің ұлғаюына және айыппұл санкцияларының енгізілуіне байланысты.

Құрылысты басқару жүйелерінің сенімділігі – бұл ұйымның материалдық, еңбек, техникалық және қаржылық ресурстарды жоспарлау, бақылау және реттеу, бөлудің оңтайлы реттілігі, тұтыну қарқындылығы және оларды біріктіру арқылы өзара әрекеттесу ережелерін реттеу арқылы қажетті нәтижеге қол жеткізу мүмкіндігі [5].

Құрылыс өндірісіндегі басқару жүйелері ұйымдық басқару жүйелерінің бір түрі болып табылады. Ұйымдастыру жүйелерінің элементтерінің корреляциясы қатаң деп саналмайды. Олар басқару процесінде өзгеруі мүмкін. Бірдей басқару функциялары бар иерархиялық құрылымның барлық деңгейлерінде әртүрлі көлемде орындалатын болады.

Құрылысты көптеген элементтер мен олардың арасындағы байланыстары бар үлкен өндіріс жүйесі ретінде сипаттауға болады. Сондықтан басқару және жо-спарлау (басқару бөлігі ретінде) табиғаты бойынша көп нұсқалы болып табылады. Құрылысты басқару жүйелері қойылған мақсаттарға сәйкес келетініне немесе сәй-кес келмейтініне байланысты сенімді немесе сенімсіз деп санауға болады.

Ғимараттар мен имараттарды, олардың жеке құрылымдарын, инженерлік желілерді және басқа элементтерді сенімділік қасиетімен сипаттауға болады.

Сенімділік жалпы сенімділіктің маңызды белгілерін анықтауға мүмкіндік беретін әртүрлі қасиеттер жүйесі ретінде қарастырылады. Бұл жүйеге кіретін қасиеттер: сенімділік, ұзақ мерзімділік, техникалық қызмет көрсету және т.б. (1-кесте).

1-кесте – Сенімділік қасиеттері

| Сенімділік қасиетінің атауы | Қасиеттер құрамы (сипаттамасы) |
|-----------------------------|--|
| Пайдалануға сенімділігі | Объектінің белгілі бір уақыт аралығында қажетті функцияларды орындау немесе белгілі режимдер мен пайдалану шарттарында жұмыс істеу қабілетін үздіксіз қамтамасыз ету қасиеті |
| Жөндеуге жарамдылық | Объектінің техникалық қызмет көрсету және жөндеу арқылы қажетті функцияларды орындауға қабілетті күйді сақтауға және қалпына келтіруге бейімделуінен тұратын объектінің қасиеті |
| Қалпына келтіру мүмкіндігі | Жөндеусіз істен шыққаннан кейін қалпына келтіру қабілетінен тұратын объектінің қасиеті |
| Ұзақ мерзімділік | Объектінің белгіленген режимдерде және пайдаланудың, техникалық қызмет көрсетудің және жөндеудің шекті күйге жеткенге дейін қажетті функцияларды орындау мүмкіндігінен тұратын қасиеті |
| Сақтауға жарамдылық | Белгіленген сақтау және (немесе) тасымалдау шарттарында сақтау және (немесе) тасымалдаудан кейін қажетті функцияларды орындау қабілетін сақтау объектінің қасиеті |

Жоғарыда аталған барлық сенімділік қасиеттері жылжымайтын мүліктің өмірлік циклінің құнына тікелей әсер етеді. Құрылымдар мен материалдардың бастапқы бағасының жоғарылауы сенімділік пен техникалық қызмет көрсетуді жақсартудың нәтижесі болуы мүмкін, нәтижесінде қол жетімділіктің жоғарылауы пайдалану, техникалық қызмет көрсету және жөндеу шығындарын төмендетуге ықпал етеді.

Объектінің барлық қажетті сыртқы ресурстармен қамтамасыз етілген деп есептейтін пайдаланудың, техникалық қызмет көрсетудің және жөндеудің белгіленген режимдері мен шарттарында қажетті функцияларды орындай алатын күйде болу мүмкіндігінен тұратын қасиеті.

Ғылыми-техникалық гипотеза бүкіл ӨЦ ішінде жылжымайтын мүлік объектілерінің ұйымдық, технологиялық және пайдалану сенімділігін арттыру арқылы құрылыс өндірісі мен пайдалануын ұйымдастыру мен басқару тиімділігін арттыру мүмкіндігін анықтаудан тұрады.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы жылжымайтын мүлік объектілерін қалпына келтіру жұмыстарына бөлінген қаражатты тиімдірек пайдалануға, жылжымайтын мүлік қорын қалпына келтіру бойынша шешімдер қабылдаудың тиімділігін арттыруға мүмкіндік беретін теориялық ережелер мен әдістемелік тәсілдердің үйлесуінде болып табылады, сондай-ақ әзірленген әдістер құрылыс пен қайта құру жобаларын құру мен қалпына келтіруді ескере отырып, стратегиялық бағытты қалыптастыруда пайдаланылуы мүмкін.

Әдебиеттер:

1. Грабовый П.Г. Экономика и управление недвижимостью: учебник для вузов / под общ. ред. П.Г. Грабового. – Смоленск; М.: Смолен Плюс: АСВ, 1999. – 566 с.
2. ГОСТ 27.002-2015 «Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения. – М.: Стандартиформ, 2016. – С. 23.
3. ГОСТ 27202-2012 «Надежность в технике (ССНТ). Управление надежностью. Стоимость жизненного цикла». – М.: Стандартиформ, 2014. – С. 16.
4. Голенко-Гинзбург Д.И., Сидоренко Е.А., Хицков Д.Э. Задача оптимального распределения затрат между проектами, представленными сетевыми графиками // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2010. – Т. 6. – №4. – С. 169-171.
5. Докучаев А.В. Декомпозиция метода динамического программирования по функциям освоения // Труды IV Международного форума (IX Международной конференции) «Актуальные проблемы современной науки». Ч. 2. – Самара: СамГТУ, 2008. – С. 63-67.

УДК 692.4

Калым Н.М., ст. гр. РПЗС 21-12 МОК (КазГАСА)

Ажгалиева Б.А., ассоц. проф. МОК (КазГАСА)

ВЕРТОЛЕТНЫЕ ПЛОЩАДКИ В АЛМАТЫ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В статье рассматриваются проблемы проектирования, строительства и эксплуатации вертолетных площадок в условиях плотной городской застройки. Анализируются нормативные, технические и экономические аспекты, а также перспективы развития данной сферы.

Ключевые слова: вертолетные площадки, проектирование, строительство, эксплуатация, городская застройка, нормативные требования, технические и экономические аспекты.

Мақалада тығыз қалалық құрылыс жағдайында тікұшақ алаңдарын жобалау, салу және пайдалану мәселелері қарастырылады. Нормативтік, техникалық және экономикалық аспектілер, сондай-ақ осы саланың даму перспективалары талданады.

Түйін сөздер: тікұшақ алаңдары, жобалау, салу, пайдалану, қалалық құрылыс, нормативтік талаптар, техникалық және экономикалық аспектілер.

The article examines the issues of designing, constructing, and operating helipads in dense urban environments. Regulatory, technical, and economic aspects, as well as the prospects for the development of this sector, are analyzed.

Keywords: *helipads, design, construction, operation, urban development, regulatory requirements, technical and economic aspects.*

1. ВВЕДЕНИЕ

Развитие вертолетной инфраструктуры в Алматы приобретает всё большую актуальность в связи с ростом мегаполиса, увеличением транспортных потоков и необходимостью оперативной эвакуации в экстренных ситуациях.

Актуальность темы обусловлена необходимостью повышения транспортной доступности и безопасности в условиях интенсивной урбанизации. Существующие проекты и международный опыт внедрения вертолетных площадок в городской среде позволяют определить ключевые направления развития этой инфраструктуры. Современные технологии, включая инновационные строительные материалы, автоматизированные системы управления полетами и интеграцию с воздушным такси, открывают новые возможности для эффективного функционирования вертолетных площадок.

2. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Вертолетная площадка — посадочная площадка, предназначенная для взлета, посадки или для взлета, посадки, руления и стоянки вертолетов [1]. Она может располагаться на земле, на крыше зданий, на платформах в открытом море или на палубе кораблей.

Для высотных зданий вертолетные площадки обычно проектируются с учетом нагрузки от вертолета, погодных условий и требований безопасности. Они могут быть выполнены из бетона, стали или алюминиевых сплавов, а также оснащены системами виброизоляции для предотвращения передачи колебаний на здание.

Вертолетные площадки делятся на постоянные и временные. Постоянные предназначены для взлета и посадки вертолетов с заданным полетным весом, в том числе с использованием короткого разбега, а временные — для вертикального взлета и посадки [2].

Проектирование и строительство вертолетных площадок регламентируется международными и национальными стандартами, обеспечивающими безопасность полетов и удобство эксплуатации. Согласно мировому опыту, размещение площадок возможно как на отдельных территориях, так и на крышах зданий, что особенно актуально для плотной городской застройки. Для таких объектов необходимо учитывать ряд факторов, включая несущую способность конструкции, устойчивость к вибрациям, а также наличие противопожарных и аварийных систем. По назначению, как и аэродромы, вертолетные площадки бывают транспортными (включая базовые, конечные и промежуточные), специального назначения и учебными [2].

Эксплуатация вертолетных площадок требует соблюдения строгих норм безопасности. Важно предусмотреть зоны для экстренной эвакуации, наличие навигационного оборудования и системы связи с диспетчерскими службами.

Кроме того, современные тенденции предусматривают автоматизированные системы управления посадкой и взлетом, повышающие точность и безопасность полетов [1].

3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Мировая практика доказывает, что грамотное проектирование высотных зданий с вертолетными площадками требует инновационных инженерных решений. Изучение передового опыта позволяет адаптировать технологии к конкретным условиям, что особенно актуально для регионов с высокой сейсмической активностью, таких как Алматы.

Gate Tower Building — это 16-этажное офисное здание, расположенное в Осаке, Япония. Здание имеет уникальную конструкцию, в которой проходит часть автомагистрали **Hanshin Expressway** через его центральную часть. Это архитектурное решение было принято для того, чтобы сохранить важную автомагистраль и не застраивать её. Здание выполнено из железобетона и стали, что позволяет обеспечить прочность и устойчивость в условиях плотной городской застройки. Сталь, как материал, позволяет зданию «поглощать» вибрации, создаваемые землетрясениями, и снижает риск разрушений. Это также облегчает возможность включения открытых пространств и проходов в архитектурное решение [3].



Рисунок 1 – Gate Tower Building, Осака, Япония.

На крыше **Gate Tower Building** располагается вертолётная площадка. Это решение обеспечивает быструю транспортировку и экстренные посадки, что важно для таких многозначных зданий в центре города. Площадка используется для вертолётных посадок в экстренных ситуациях и может быть использована для других нужд. Благодаря стальному каркасу здание обладает большой гибкостью в плане использования пространства. Офисы, размещённые внутри, могут легко адаптироваться под разные нужды [3].

При посадке и взлете вертолета создаются вибрации, которые передаются на здание. Со временем постоянное воздействие вибраций может привести к усталостным повреждениям элементов здания, особенно в высоких и гибких сооружениях.

Для предотвращения передачи вибрации от вертолета на конструкцию здания необходимо создать **структурный разрыв** между вертолетной площадкой и зданием, исключая жесткие соединения. Обычный способ создания структурного разрыва — поддержка посадочной площадки с использованием резиновых прокладок или пружин (*рис. 2*). Чтобы избежать резонанса в изоляционном материале, выбирается материал с достаточной толщиной [4].

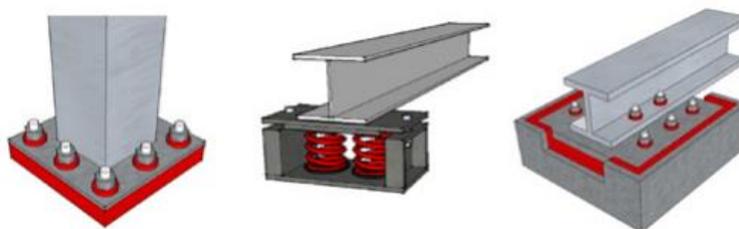


Рисунок 2 – Ряд концептуальных вариантов проектирования для структурного изолирования посадочной поверхности вертолетной площадки.

Это позволяет минимизировать воздействие вибрации, вызванной турбулентностью от лопастей ротора, а также погасить импульс удара при посадке и вибрации.

Тайбэй 101 – одно из самых знаменитых зданий в мире, расположенное в столице Тайваня, Тайбэе. Оно долгое время было самым высоким зданием в мире, пока его не превзошел **Бурдж-Халифа** в Дубае. Высота **Тайбэй 101** составляет 508 метров, и оно остаётся символом инновационного дизайна и инженерных решений. Тайвань находится в сейсмически активной зоне, поэтому особое внимание было уделено сейсмоустойчивости здания. Оно оснащено уникальной системой защиты от землетрясений, включающей **гигантский демпфер**, расположенный на 87 этаже [5].

Маятниковый демпфер – это устройство, используемое для снижения колебаний высотных зданий при ветровых нагрузках или землетрясениях. В здании установлен стальной шар массой 660 тонн, подвешенный на стальных тросах и соединенный с гидравлическими демпферами. Когда здание раскачивается из-за ветра или сейсмической активности, маятник движется в противоположную сторону, поглощая и гася колебания [5].

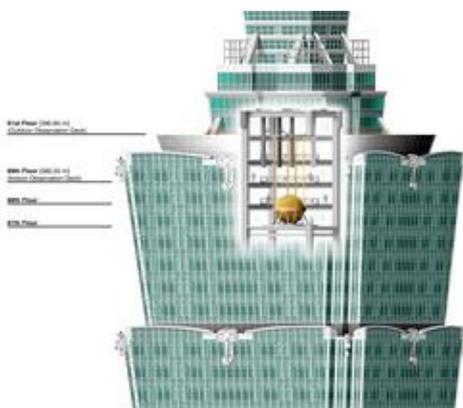


Рисунок 3 – Инерционный демпфер на высотном здании Тайбэй 101

Чтобы применить такую систему в высотке Алматы с вертолетной площадкой, необходимо сначала рассчитать динамическую частоту колебаний здания, определив, какие колебания доминируют в конструкции (ветровые, сейсмические), так как частота маятника подбирается так, чтобы эффективно их поглощать. Далее следует выбрать оптимальную массу маятника – она обычно составляет 0,5–2% от массы здания, при этом в условиях Алматы важно учитывать сейсмическую активность. Демпфер устанавливается в верхних этажах здания, например, под техническим этажом или вертолетной площадкой, при этом важно предусмотреть достаточное пространство для его раскачивания. Также необходимо принять дополнительные меры безопасности, так как вертолетная площадка может передавать вибрации при взлете и посадке, что следует учитывать при проектировании системы демпфирования. В этом случае возможно использование не одного, а нескольких меньших демпферов (мульти-маятниковая система). В зависимости от требований можно выбрать различные типы демпферов: классический стальной подвесной маятник, как в Тайбэй 101, гидравлические или магнитные демпферы для быстрого гашения вибраций либо жидкостный демпфер, если необходимо уменьшить вертикальные колебания. Такой метод поможет сделать здание устойчивым к ветровым нагрузкам и землетрясениям, что особенно важно для Алматы.

Вертолеты создают значительное шумовое воздействие, которое может негативно сказываться на комфорте жильцов и работников. Основные источники шума – это работа двигателей, движение лопастей и турбулентность воздуха. Для минимизации шума применяются специальные инженерные решения, направленные на изоляцию вибраций и снижение уровня звуковых волн.

Основные меры включают звукоизоляционные панели и покрытия, виброизоляция конструкций, акустическая обработка внутренних помещений. Используются материалы, обеспечивающие звукоизоляцию и виброизоляцию конструкций, а также акустическую обработку помещений. Для звукоизоляционных панелей и покрытий применяют минеральную вату (базальтовую, стекловату), которая снижает шум и вибрации, пенополиуретан для поглощения звука, древесноволокнистые плиты в качестве структурных звукоизоляционных материалов, а также звукоизоляционные мембраны на основе битума и полимеров, создающие барьер для звука. Виброизоляция конструкций достигается с помощью резиновых и силиконовых прокладок, гасящих вибрации, пружинных подвесов и демпферов, уменьшающих распространение звука через конструкции, а также сэндвич-панелей, состоящих из металла и вспененных материалов. Для акустической обработки помещений используются перфорированные панели из дерева или гипса, способствующие поглощению и рассеиванию звука, тканевые акустические панели из войлока или звукопоглощающих тканей, улучшающие акустику, а также ковры, шторы и мебель, снижающие эхо и шум [6].

Комплексное применение этих технологий позволит обеспечить комфорт жильцов и работников зданий, а также повысить безопасность эксплуатации вертолетных площадок в Алматы.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Успешная реализация проектов требует адаптации международного опыта к местным условиям, в первую очередь сейсмической безопасности, климатических факторов и плотной городской застройки.

Применение современных строительных материалов повысит надежность и долговечность зданий. Для железобетонного каркаса можно использовать бетон с добавлением полимерных волокон, что увеличит его сейсмостойкость. Легкие металлоконструкции для вертолетных площадок снизят нагрузку на перекрытие, а алюминиевые сплавы с антикоррозийными покрытиями обеспечат устойчивость к атмосферным воздействиям.

Разработка национальных стандартов, учитывающих опыт мировых мегаполисов, создаст нормативную базу для безопасной эксплуатации высотных зданий с вертолетными площадками в условиях Алматы.

5. ВЫВОДЫ

Вертолетные площадки, расположенные на крышах зданий, становятся неотъемлемой частью современной городской инфраструктуры, способствуя повышению удобства, безопасности и оперативности воздушных перевозок. Их проектирование, строительство и эксплуатация регулируются строгими стандартами, что гарантирует высокий уровень безопасности полетов.

Благодаря передовым технологиям и инновационным инженерным решениям, такие площадки становятся все более функциональными и адаптивными к условиям мегаполисов. Они не только облегчают доступ к вертолетному транспорту, но и гармонично вписываются в транспортную систему города, способствуя ее развитию.

В перспективе вертолетные площадки на крышах зданий будут активно совершенствоваться в соответствии с изменяющимися требованиями городской среды и технологическими достижениями. Их роль в формировании устойчивой и высокоэффективной транспортной системы продолжит расти, создавая новые возможности для развития мегаполисов и повышения качества жизни населения.

Литература:

1. СП 511.1325800.2022 «Посадочные площадки. Правила проектирования».
2. Пыхтин С. Вертолетные площадки. Проектирование вертолетных площадок на крышах зданий и многоэтажных паркингов. – 2023.
3. *Designing buildings. Gate Tower Building, Osaka.* – 2024.
4. Aimée Smith, Andrew Bell, Daniel Hackett. *RWDI Insights. Trade-offs in Helipad Siting Design.* – 2017. – 7 с.
5. Комарова Н.Д., Есипова А.А. *Инерционный демпфер сердце Тайбэй 101. Инновационная наука* – 2015. – № 4–3. – С. 4.
6. *Энергоэффективность и теплозащита зданий / В.С. Беляев.* – М.: Издательство АСВ, 2016. – 304 с.

Қарағойшиев Д.Ж., ст. гр. РПЗС 21-3* МОК (КазГАСА)
Ажғалиева Б.А., ассоц. проф. МОК (КазГАСА)

РАСЧЕТ КОЛОНН ПО ЕВРОКОДУ НА ПРИМЕРЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В данной статье рассматривается расчет железобетонных колонн по Еврокоду 2 на примере дипломного проектирования. Приведены основные этапы расчета, включая определение нагрузок, выбор материалов, проверку несущей способности и устойчивости конструкции.

Ключевые слова: железобетонные колонны, Еврокод 2, расчет конструкций, предельные состояния, устойчивость, гибкость колонн, продольная арматура, эффект второго порядка, ЛИРА-САПР, надежность конструкций.

Бұл мақалада дипломдық жобалау мысалында Еурокод 2 бойынша темірбетон бағаналарын есептеу қарастырылады. Есептеудің негізгі кезеңдері, соның ішінде жүктемелерді анықтау, материалдарды таңдау, көтергіш қабілеті мен тұрақтылығын тексеру келтірілген.

Түйін сөздер: темірбетон колонналары, Еурокод 2, конструкцияларды есептеу, шекті күйлер, орнықтылық, колоннаның иілімділігі, бойлық арматура, екінші реттік әсерлер, ЛИРА-САПР, конструкциялардың сенімділігі.

This article examines the calculation of reinforced concrete columns according to Eurocode 2, using a diploma project as an example. The main calculation stages are presented, including load determination, material selection, and verification of load-bearing capacity and structural stability.

Keywords: reinforced concrete columns, Eurocode 2, structural design, limit states, stability, column slenderness, longitudinal reinforcement, second-order effects, LIRA-SAPR, structural reliability.

1. ВВЕДЕНИЕ

Железобетонные колонны являются неотъемлемой частью несущих конструкций зданий и сооружений. Их прочность, надежность и устойчивость напрямую влияют на безопасность эксплуатации строительных объектов. В современных инженерных расчетах широко применяются нормативные требования, регламентированные международными стандартами, среди которых особое место занимает Еврокод 2 – европейский стандарт проектирования бетонных и железобетонных конструкций.

В данной работе рассматриваются основные принципы расчета железобетонных колонн по Еврокоду, включая анализ предельных состояний, проверку прочности и устойчивости, а также учет влияния различных нагрузок. Целью исследования является детальный разбор методики расчета с учетом действующих норм и требований, что позволит оптимизировать проектирование конструкций и повысить их эксплуатационные характеристики.

2. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

При расчете колонн необходимо определить, требуется ли учитывать эффекты второго порядка – дополнительные эффекты от воздействия, обусловленные деформацией конструкций [2, п. 5.8.1].

Эффекты второго порядка могут не учитываться, если гибкость колонны λ меньше значения λ_{lim} . В соответствии [2, п. 5.8.3.1].

$$\lambda_{lim} = 20ABC/\sqrt{n} \quad (1)$$

где $n = N_{ed}/A_c \cdot f_{cd}$ – относительное продольное усилие, A_c – площадь поперечного сечения колонны; f_{cd} – расчетное сопротивление бетона на сжатие, определяется в соответствии [2, п. 3.1.6].

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad (2)$$

здесь f_{ck} – нормативное значение цилиндрической прочности бетона на сжатие [2, табл. 3.1]; α_{cc} – коэффициент, учитывающий влияние длительных эффектов на прочность бетона, а также способа приложения нагрузки; γ_c – коэффициент надежности для бетона [2, табл. 2.1N].

Гибкость колонны определяется по формуле:

$$\lambda = l_0/i \quad (3)$$

где $i = 0,2887 \cdot h$ – радиус инерции колонны; h – размер поперечного сечения колонны по оси, перпендикулярной оси изгиба; l_0 – расчетная длина колонны.

3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Статический расчет конструкций здания выполнен на компьютерной программе ЛИРА-САПР 2022. Определим площадь рабочей арматуры A_s монолитной колонны. Высота колонны: 3,75 м. Колонна имеет размеры в поперечном сечении 400x400 мм. Бетон тяжелый класса С20/25.

Продольная арматура класса А400, поперечная арматура класса А240. Колонна армируется вязаными каркасами. Подбор арматуры производим по итогам статического расчета многоэтажной рамы, выполненным в программном комплексе «ЛИРА-САПР». Расчетная схема здание приведена на рис. 1.

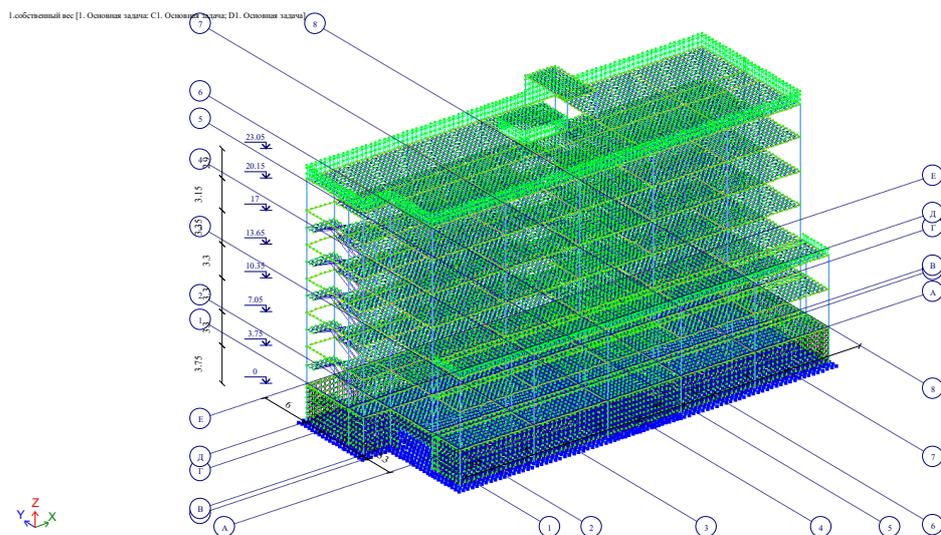


Рисунок 1 – Расчетная схема здания.

Сочетание усилий: $N_{ed} = -2957,4 \text{ кН}$ $M_{ed} = 4,6 \text{ кН} \cdot \text{м}$

Определим гибкость колонны по формуле (3):

$$\lambda = l_0 / 0,2887 \cdot h = 0,5 \cdot 3,75 / (0,2887 \cdot 0,4) = 16,24$$

Минимальная гибкость колонны определим по формуле (1):

$$\lambda_{lim} = 20ABC / \sqrt{n} = 20 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot 2,36 / \sqrt{1,53} = 29,38$$

где - если значение φ_{ef} неизвестно, принимается $A=0,7$ [2, п. 5.8.3.1]; если значение ω неизвестно, принимается $B=1,1$ [2, п. 5.8.3.1]; $C = 1,7 - \frac{M_{01}}{M_{02}} = 1,7 + 4,6/7,01 = 2,36$.

Здесь $M_{01} = 4,6 \text{ кН} \cdot \text{м}$; $M_{02} = -7,01 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

$$n = N_{ed} / A_c \cdot f_{cd} = 2957,4 \cdot 10^3 / 400^2 \cdot 12 = 1,53$$

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,9 \cdot 20}{1,5} = 12 \text{ МПа}$$

Так как $\lambda = 16,24 < \lambda_{lim} = 29,38$, то эффектами второго порядка можно пренебречь.

Подбор продольной арматуры в колонне выполняется по графикам в соответствии с [4, п. 5.2.5].

Вычисляются следующие параметры:

$$N_{ed} / bhf_{cd} = 2957,4 \cdot 10^3 / 400^2 \cdot 12 = 1,53$$

$$M_{ed} / bh^2 f_{cd} = 4,6 \cdot 10^6 / 400^3 \cdot 12 = 0,006$$

Принимается расстояние от линии центров тяжести арматуры до каждой из сторон сечения равным 40 мм и предполагается, что армирование сосредоточено в углах сечения. Тогда $d_1/h = 40/400 = 0,1$. Подбор арматуры выполняется по графикам, изображенным на рис. 2, из которого определяется, что среднее отношение величины армирования $\rho_l = 0,62$.

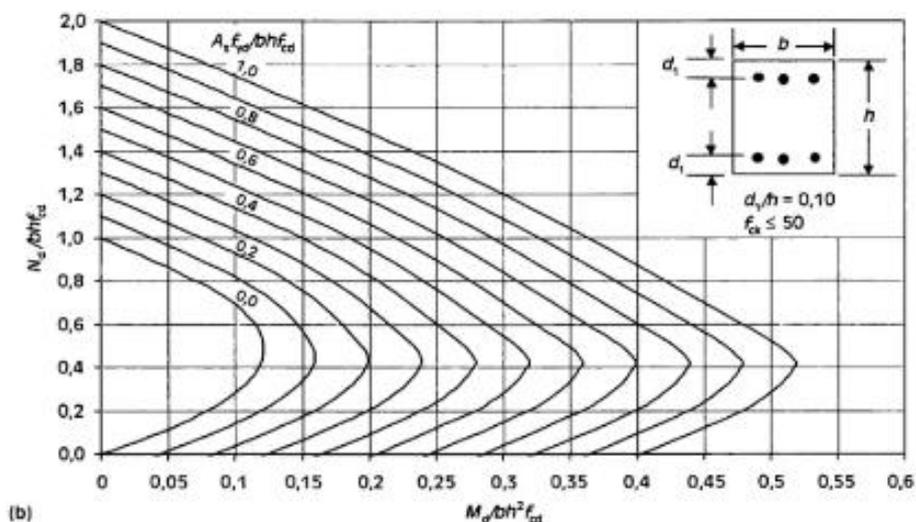


Рисунок 2 – Расчетный график для колонн прямоугольного сечения ($f_{ck} \leq 50$).

Общая площадь продольной арматуры составляет:

$$A_s = \rho_l b h f_{cd} / f_{yd} = 0,58 \cdot 400^2 \cdot 12 / 347,83 = 3201,56 \text{ мм}^2$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 347,83 \text{ МПа}$$

f_{yk} – нормативное сопротивление арматуры растяжению;

γ_s – коэффициент надежности для арматуры.

Для монолитной колонны принимается продольная арматура **4Ø32 A400** с $A_s = 3217 \text{ мм}^2$.

Диаметр поперечной арматуры принимается не менее 6 мм или $\frac{1}{4}$ максимального диаметра продольной арматуры, в зависимости от того, что больше. Шаг поперечной арматуры $S_{cl,tmax}$ должен быть равен меньшему значению из трех:

- $20d = 20 \cdot 32 = 640 \text{ мм}$;
- 400 мм – наименьший размер колонны;
- 400 мм.

Максимальное расстояние, требуемое согласно [2, п. 9.5.3 (3)], должно быть уменьшено путем умножения на коэффициент 0,6 в следующих случаях:

- в сечениях ниже или выше балки или плиты, в которых расстояния между хомутами равно наибольшему размеру поперечного сечения колонны;
- вблизи соединений внахлестку, если наибольший диаметр продольных стержней больше 14 мм. При этом по длине нахлеста требуется расположить не менее трех стержней.

$$6 \text{ мм} < \frac{1}{4} \cdot 32 = 8 \text{ мм}$$

Принимаем поперечную арматуру диаметром **Ø8мм A240** с шагом $S_{cl,tmax} = 400 \text{ мм}$ и $S_{cl,tmax} = 0,6 \cdot 400 = 240 \text{ мм}$ (см. примечание выше).

4. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В ходе расчетов железобетонных колонн по Еврокоду на примере дипломного проектирования были получены основные параметры, обеспечивающие их прочность и устойчивость.

Расчетная продольная сила, воспринимаемая колонной, составила $N_{ed} = -2957,4 \text{ кН}$, а момент изгиба $M_{ed} = 4,6 \text{ кН} \cdot \text{м}$. С учетом класса бетона C20/25 и арматуры A400, были определены основные характеристики поперечного сечения и необходимое армирование.

Анализ результатов показал, что:

- Коэффициенты запаса прочности соответствуют нормативным требованиям.
- Устойчивость колонны при действии продольной нагрузки и изгиба обеспечена.
- Используемый класс бетона и арматуры позволяет оптимизировать конструкцию, снижая материалоемкость.
- Расчетные значения жесткости и предельных деформаций находятся в допустимых пределах, что гарантирует надежность эксплуатации колонны.

Сравнение с альтернативными методиками проектирования показало, что применение Еврокода 2 позволяет более точно учитывать различные факторы (например, эффект второго порядка, ползучесть бетона), что приводит к более экономичному расходу материалов без снижения прочности конструкции.

Таким образом, результаты расчета подтверждают эффективность методики, и демонстрируют соответствие требованиям надежности и безопасности.

5. ВЫВОДЫ

В ходе работы был проведен расчет железобетонных колонн по Еврокоду 2 (СН РК EN 1992-1-1:2004/2011) на примере дипломного проектирования. В результате определены основные характеристики сечения, необходимые параметры армирования и проверена несущая способность колонн при действии расчетных нагрузок.

Анализ показал, что применение методики Еврокода позволяет учесть влияние нелинейных эффектов, что делает расчет более точным и экономичным. Оптимальный подбор сечения и класса материалов позволил обеспечить нормативную надежность конструкции при минимальном расходе материалов.

Таким образом, выполненный расчет подтвердил соответствие проектируемых колонн требованиям прочности, жесткости и устойчивости, что свидетельствует о правильности выбранной методики и возможности ее успешного применения в инженерной практике.

Литература:

1. СП РК EN 1990-A1:2005/2011 Основы проектирования несущих конструкций /Комитет по делам строительства, ЖКХ и УЗР МНЭРК. – Астана, 2016. – 146 с.
2. СП РК EN 1992-1-1:2004/2011 Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий /Комитет по делам строительства, ЖКХ и УЗР МНЭРК. – Астана, 2016. – 259 с.
3. НТП РК 02-01-1.1-2011 (к СН РК EN 1992-1-1:2004/2011) Проектирование бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых бетонов без предварительного напряжения арматуры/ Комитет по делам строительства, ЖКХ и УЗР МНЭРК. – Астана, 2015. – 225 с.
4. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 2: Проектирование железобетонных конструкций: Руководство для проектировщиков к еп 1992-1-1 и еп 1992-1-2. Еврокод 2: Проектирование железобетонных конструкций. Общие правила и правила для зданий. Противопожарное проектирование строительных конструкций/ А.В. Биби, Р.С. Нараянан.
5. СП РК EN 1991-1-1:2002/2011 Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-1. Собственный вес, постоянные и временные нагрузки на здания /Комитет по делам строительства, ЖКХ и УЗР МНЭРК. – Астана, 2016. – 61 с.
6. СП РК EN 1991-1-3:2004/2011 Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-3. Общие воздействия. Снеговые нагрузки /Комитет по делам строительства, ЖКХ и УЗР МНЭРК. – Астана, 2016. – 74 с.
7. СП РК EN 1991-1-4:2005/2011 Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые воздействия /Комитет по делам строительства, ЖКХ и УЗР МНЭРК. – Астана, 2016. – 183 с.
8. Расчет железобетонных конструкций по еврокоду EN 1992: часть-1 Изгибаемые и сжатые железобетонные элементы без предварительного напряжения. Определение снеговых, ветровых и крановых нагрузок. Сочетание воздействий /С.К. Яковлев, Я.И. Мысляева.

Мустафин А.Д., ст. гр. РПЗС-23-11 МОК (КазГАСА)
Тасмаганбетова А.Х., ассист. проф. МОК (КазГАСА)

СТЕКЛОПЛАСТИКОВАЯ АРМАТУРА ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В статье рассматриваются свойства, применение и перспективы стеклопластиковой арматуры (СПА) в строительстве бетонных конструкций. Проведён анализ литературы, описывающий историю внедрения СПА в различных странах, включая США, Европу и Японию. Рассмотрены основные механические характеристики СПА, её преимущества и недостатки по сравнению с традиционной стальной арматурой. Отдельное внимание уделено примерам реального использования в строительных объектах. Также обсуждаются перспективы внедрения СПА в Казахстане, выявляются основные барьеры и пути их преодоления.

Ключевые слова: *стеклопластиковая арматура, бетонные конструкции, коррозионная стойкость, мостостроение, Казахстан, композитные материалы, США, Европа, механические свойства.*

Бұл мақалада бетон конструкцияларын салудағы шыны талшықты арматураның (ШТА) қасиеттері, қолданылуы және болашағы қарастырылады. Әртүрлі елдерде, соның ішінде АҚШ, Еуропа және Жапонияда ШТА енгізу тарихын сипаттайтын әдебиеттерге талдау жасалды. ШТА негізгі механикалық сипаттамалары, дәстүрлі болат арматурамен салыстырғанда оның артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылады. Құрылыс жобаларында нақты пайдалану мысалдарына ерекше назар аударылады. Сондай-ақ Қазақстанда ШТА енгізу перспективалары талқыланып, негізгі кедергілер мен оларды еңсеру жолдары белгіленді.

Түйін сөздер: *шыны талшықты арматура, бетон конструкциялары, коррозияға төзімділігі, көпір құрылысы, Қазақстан, композиттік материалдар, АҚШ, Еуропа, механикалық қасиеттері.*

The article examines the properties, applications, and prospects of fiberglass reinforcement (FRP) in concrete structures. A literature review is provided, covering the history of FRP implementation in different countries, including the USA, Europe, and Japan. The article analyzes the mechanical characteristics of FRP, highlighting its advantages and disadvantages compared to traditional steel reinforcement. Special attention is given to real-world applications in construction projects. Additionally, the paper discusses the prospects for FRP adoption in Kazakhstan, identifying key challenges and strategies for overcoming them.

Keywords: *fiberglass reinforcement, concrete structures, corrosion resistance, bridge construction, Kazakhstan, composite materials, USA, Europe, mechanical properties.*

1. ВВЕДЕНИЕ

Стеклопластиковая арматура (СПА) – это современный композитный материал, состоящий из стеклянных волокон, связанных полимерной смолой (рис. 1). Она используется в строительстве как альтернатива традиционной стальной арматуре благодаря своей высокой прочности, устойчивости к коррозии и малому весу. В отличие от металлической арматуры, СПА не ржавеет, не проводит электрический ток и не образует «мостиков холода», что делает её особенно востребованной в агрессивных средах и энергоэффективных строительных решениях [1].



Рисунок 1 – Стеклопластиковая арматура.

2. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В 1950-х годах США начало активное развитие шоссе, что потребовало круглогодичное обслуживание. Поэтому в зимнее время стали применять соль для удаления льда на мостах и шоссе. Это привело к ускоренной коррозии стальной арматуры в мостах и дорожных конструкциях. В результате почти 40% мостов в США стали структурно несовершенными или нефункциональными.

Исследовались различные решения проблемы: гальваническое покрытие, эпоксидное покрытие, электростатическое напыление, полимербетон и стеклопластиковая арматура. К концу 1970-х годов стеклопластиковая арматура рассматривалась как возможная альтернатива, но только в 1980-х началась её активная коммерческая реализация.

В 1983 году Министерство транспорта США профинансировала программу «Трансфер сложной технологии в проектирование и строительство мостов», целью которой было изучение стеклопластиковой арматуры как возможной замены стальной арматуры. Исследования возглавили инженеры Плекник и Ахмад в 1988 году. Главным вызовом было различие в коэффициентах температурного расширения между традиционными и новыми материалами. В рамках этого проекта началась разработка стандартов для использования СПА в мостостроении, а также тестирование её прочностных характеристик.

Европа начала внедрение стеклопластиковой арматуры немного позже, с акцентом на долговечность и коррозионную стойкость. Европейские исследовательские институты начали активно изучать механические свойства композитных материалов, а программа EUROCRETE финансировала тестирование стеклопластиковой арматуры в бетонных конструкциях. К началу 1990-х годов ряд европейских стран включил СПА в нормы для мостостроения и морских сооружений, особенно в прибрежных районах, где стальная арматура подвержена коррозии.

Япония начала активное исследование стеклопластиковой арматуры с начала 1990-х, когда страна столкнулась с необходимостью усиления сейсмостойкости зданий и мостов. Из-за высокой сейсмической активности японские инженеры искали материалы с высокой прочностью на растяжение и низким весом, что позволило бы уменьшить нагрузку на конструкции. Первые тестовые проекты с применением стеклопластиковой арматуры были использованы в

подземных и гидротехнических сооружениях, а затем началось её внедрение в мосты и дороги. В 1995 году, после разрушительного землетрясения в Кобе, был сделан вывод о необходимости перехода на антикоррозийные, легкие и пластичные материалы, что ускорило принятие стеклопластиковой арматуры в строительные нормы Японии [2].

3. СВОЙСТВА СПА

Существует множество проблем, связанных с применением традиционной стальной арматуры. Одной из основных является её значительный удельный вес, который увеличивает общую массу конструкции. Кроме того, сталь обладает высокой теплопроводностью, что неблагоприятно сказывается на теплоизоляционных свойствах железобетонных конструкций. Ещё одной серьёзной проблемой является низкая теплостойкость стали: при высоких температурах, например, во время пожара, она быстро теряет прочность и несущую способность. Так же сталь является отличным проводником электрического тока, что приводит к появлению блуждающих токов в арматуре. Эти токи становятся причиной электрохимической коррозии, ускоряющей разрушение металлических элементов и существенно сокращающей срок службы конструкции.

Механические свойства стеклопластиковой арматуры очень отличаются от стальных и зависят, от состава и типа волокон, так же как от их объема. Такая арматура имеет более низкий вес и более высокую прочность, чем сталь. Один из самых распространенных типов волокон делается из стекла, *табл. 1*. показывает сравнение характеристик стеклопластиковой и стальной арматуры.

Отличие плотности стеклопластиковой и стальной арматуры находится в пределах от одной пятой до одной четвертой. Уменьшенный вес упрощает обработку стеклопластиковой арматуры на стройплощадке. Эластичные свойства стеклопластиковой арматуры делают ее достойной альтернативой стальной. У стеклопластиковой арматуры есть один существенный недостаток.

Таблица 1 – Сравнение характеристик СПА и стальной арматуры

| Характеристика | Стеклопластиковая арматура | Стальная арматура |
|-------------------------------|---|---|
| Прочность на растяжение | 1000–1250 МПа | 390–600 МПа |
| Удельный вес | В 4–5 раз ниже, чем у стали | Высокая плотность, значительная масса |
| Коррозионная устойчивость | Абсолютная инертность к агрессивным средам | Высокая степень коррозионного износа в агрессивных средах |
| Теплопроводность | Незначительная, снижает теплототери | Высокая, способствует теплопроводности конструкции |
| Электропроводность | Диэлектрик, исключает индукционные токи | Проводит электричество, требует дополнительной изоляции |
| Деформационные характеристики | Не пластичная, при малейшей перегрузке сразу трескается | Высокая упругость, не подвержена хрупкому разрушению |

Находясь под напряжением, стеклопластиковая арматура не ведет себя как пластик перед тем, как разорваться, поэтому она не рекомендуется для зон, где необходимо перераспределением момента. На *рис. 2* показано типичное поведение стеклопластиковой и стальной арматуры под напряжением.

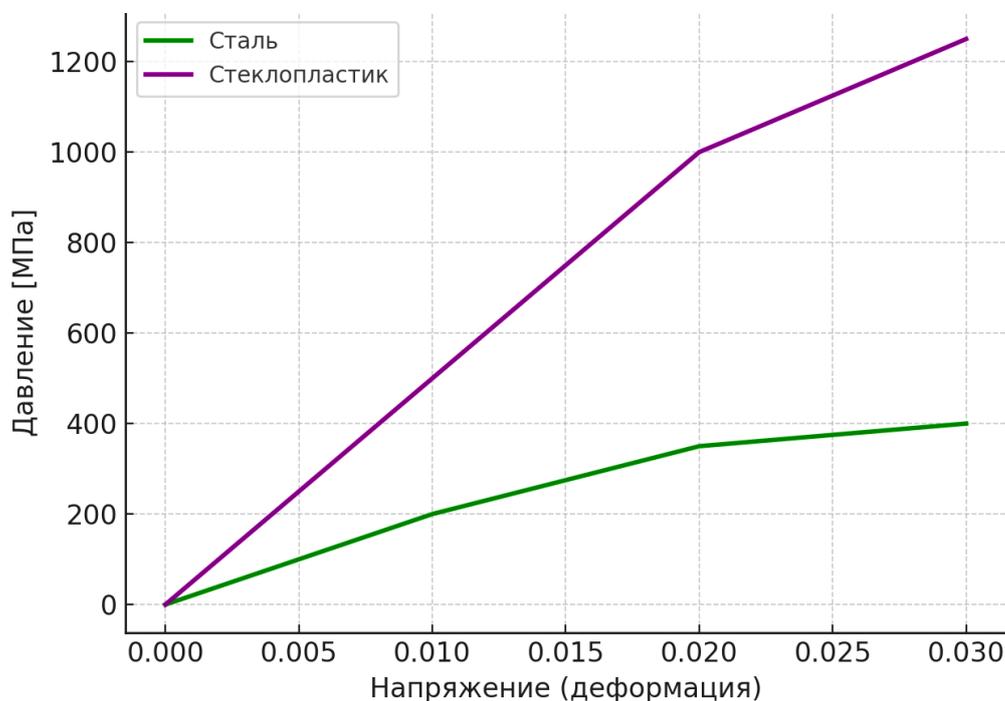


Рисунок 2 – Поведение арматуры под напряжением.

График показывает сравнительную зависимость напряжения от деформации для стеклопластиковой (СПА) и стальной арматуры. Из него видно, что стеклопластик обладает значительно более высокой прочностью на растяжение (более 1200 МПа), чем сталь (около 400 МПа), но при этом его поведение остается линейным до момента разрушения, что свидетельствует о его хрупкости. В отличие от СПА сталь демонстрирует пластическую деформацию, позволяя конструкции выдерживать дополнительные нагрузки перед разрушением. Это означает, что стеклопластиковая арматура, хотя и значительно легче и прочнее, требует тщательного расчета, так как её разрушение происходит внезапно, без предупреждающих деформаций, как у стали [3].

Ещё одним преимуществом стеклопластика является способность формировать укрепление так, чтобы достигнуть нужных характеристик или формы. В пределах этих категорий поверхностная структура стеклопластиковых стержней может быть изменена, чтобы увеличить или уменьшить связь с бетоном. В отличие от обычных стальных арматур, у стеклопластиковой арматуры нет никаких стандартных форм, конфигураций поверхностей, ориентаций волокна, учредительных материалов и пропорций для конечных продуктов. Так же у стеклопластиковой арматуры есть очень много разных образцов (*рис. 3*).



Рисунок 3 – Образцы стеклопластиковой арматуры.

4. ПРИМЕНЕНИЕ И ПРИМЕРЫ

Ранние образцы использования стеклопластиковой арматуры были использованы в Японии. Там было построены демонстрационные проекты в начале 90-х. Например: плавающие морские структуры, понтонные мосты, настилы для моста и др. (рис. 4, 5).



Рисунок 4 – Плавающая морская структура, построенная с использованием стеклопластиковой арматуры.



Рисунок 5 – Использование стеклопластиковой арматуры для настилов моста.

В Европе, EUROCRETE установил первый пешеходный мост, который был укреплен только стеклопластиковой арматурой в 1996 году (рис. 6).



Рисунок 6 – Первый пешеходный мост в Европе укрепленный стеклопластиком.

США при строительстве моста между МакКинливиллем и Баффоло Крик в округе Брукс, штат Вирджиния в 1996 году так же использовали стеклопластиковую арматуру. После этого в Северной Америке начали активное строительство мостов из стеклопластиковой арматуры. Это: Headingley Bridge (Манитоба, Канада), Joffre Bridge (Квебек, Канада), Crowchild Bridge (Калгари, Канада), Sierrita de la Cruz Creek Bridge (Техас, США) и др. (рис. 7-8).



Рисунок 7,8 – Строительство моста в США с использованием СПА.

Стеклопластиковая арматура (СПА) в Казахстане только начинает набирать популярность, и её использование в строительстве постепенно расширяется. В Западно-Казахстанской области уже ведутся работы по внедрению СПА в жилом и инфраструктурном строительстве, однако пока материал не получил массового распространения [4].

Основные препятствия для массового внедрения СПА:

1. Недостаток нормативной базы: отсутствуют детализированные местные стандарты, регулирующие использование композитной арматуры.

2. Ограниченный опыт применения: застройщики и проектировщики пока с осторожностью внедряют новый материал.

3. Необходимость адаптации строительных технологий: СПА требует пересмотра методов расчёта и проектирования конструкций.

Несмотря на эти барьеры, перспективы СПА в регионе весьма положительны. В Казахстане уже производится композитная арматура – в 2023 году объём составил 26,4 тонны. Материал обладает высокой коррозионной стойкостью, что особенно актуально для Западного Казахстана, где климатические условия могут ускорять износ традиционной стальной арматуры. Дополнительным преимуществом является снижение веса конструкций, что упрощает транспортировку и монтаж, а также сокращает нагрузку на фундамент.

5. ВЫВОД

Стеклопластиковая арматура — это современное и эффективное решение для строительства, особенно в условиях повышенных требований к долговечности и устойчивости конструкций. Благодаря своей легкости, высокой прочности, антикоррозионным свойствам и устойчивости к химическим воздействиям, она становится достойной альтернативой традиционной стальной арматуре.

В Казахстане стеклопластиковая арматура пока применяется ограниченно, однако её перспективы выглядят многообещающими. Для её массового внедрения необходимо развитие нормативной базы, обучение специалистов и дальнейшие исследования по адаптации технологии к местным условиям. Со временем СПА может стать неотъемлемой частью современного строительства, особенно в условиях агрессивной среды, где долговечность конструкций играет ключевую роль.

Литература:

1. Фролов Н.П. Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции. – М.: Стройиздат, 1980. – 104 с.
2. American Concrete Institute (ACI). ACI 440.3R-04. Guide Test Methods for Fiber-Reinforced Polymers (FRPs) for Reinforcing or Strengthening Concrete Structures. Farmington Hills, Michigan, USA, 2004.
3. Хорохордин А.М., Усачев А.М., Коротких Д.Н. Сравнительная оценка механических свойств полимерной композитной арматуры // Строительные материалы. – 2018. – №7. – С. 71–75.
4. Аманова Б.Н., Пак А.А. Перспективы использования композитной арматуры в строительстве жилого сектора Западно-Казахстанской области // Вестник Западно-Казахстанского инновационно-технологического университета. – 2023. – №3. – С. 45–52.

ӘОЖ 628.921/92

Чамани П., СПГС-23-2к тобы студ., М. Тынышбаев атындағы
АЛТ университеті

Мурзалина Г.Б., т.ғ.к., М. Тынышбаев атындағы АЛТ университеті

ҒИМАРАТТАРДЫҢ ҚАБЫРҒАЛЫҚ ҚОРШАУЛАРЫНЫҢ ЖЫЛУТЕХНИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІН КОНСТРУКТИВТІК ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ

Бұл мақалада жылуалмасу саласындағы мәселенің күйіне аналитикалық шолу, жартылай шексіз және шектеулі өлшемдегі қабырға қоршауын есептеу әдістері, қабырғадағы шекаралық қабаттың қалыңдығын анықтау мәселелері қарастырылады. Сен-Венан принципін қолдану саласы бойынша жалпы есептің қойылымы, қабырға қоршауының активті, реактивті және толық жылу кедергілерін анықтау қарастырылған. Қоршау құрылымын есептеу мысалы келтірілген.

Түйін сөздер: жылу шығындары, қоршау құрылымдары, жылу ағыны, температуралық өріс, жылулық кедергі, бірөлшемді және екіөлшемді жылу берілуі, геометриялық қосындылар, ғимараттардың жылу техникасы, энергия тиімділігі, температуралық шекаралық қабат.

В данной статье рассматривается аналитический обзор состояния вопроса в области теплопереноса, методы расчета стенового ограждения полубесконечных и конечных размеров, определение толщины пограничного слоя стены. Рассмотрена общая постановка задачи об области применимости принципа Сен-Венана, определению активного, реактивного и полного термических сопротивлений стенового ограждения. Приведен пример расчета ограждающей конструкции.

Ключевые слова: теплопотери, ограждающие конструкции, тепловой поток, температурное поле, тепловое сопротивление, одномерная и двумерная теплопередача, геометрические добавки, теплотехника зданий, энергоэффективность, температурный граничный слой.

This article discusses an analytical review of the state of the issue in the field of heat transfer, methods for calculating wall fencing of semi-infinite and finite dimensions and determining the thickness of the boundary layer of the wall. The general formulation of the problem of the applicability of the Saint-Venant principle to the determination of the active, reactive and total thermal resistances of a wall enclosure is considered. An example of the calculation of the enclosing structure is given.

Keywords: *heat losses, building envelope, heat flow, temperature field, thermal resistance, one-dimensional and two-dimensional heat transfer, geometric additions, building thermal engineering, energy efficiency, thermal boundary layer.*

Жылу шығындарын азайту ғимараттар мен құрылымдарда жылу ағындары мен қоршау құрылымдарының температураларын дәл анықтаумен тығыз байланысты. Мысалы, «ғимараттың іші (бөлме) – қоршау – қоршаған ауа (орта)» термодинамикалық жүйесінде жылу тұтыну балансы қарастырылады.

Жылу тұтыну балансы келесі жылу ағындарымен анықталады:

- сыртқы қоршау құрылымдары арқылы сыртқы ауаға немесе топыраққа (егер қоршау жерасты болса) жылу шығындары;
- жылыту есебінен жылу түсуі;
- ғимаратқа суық сыртқы ауа инфильтрациясы кезінде (құрылымның жел жақ беті арқылы) оны жылытуға кеткен жылу шығындары немесе құрылымның желге қарсы беті арқылы жылы ауаның инфильтрациясынан болған жылу шығындары [1].

Ең маңызды бағыттардың бірі — геометриялық қосындыларды ескеретін бір өлшемді және екі өлшемді модельдерге арналған қоршау құрылымдарын есептеу әдістерін әзірлеу. Алайда, бұл қосындылар бір өлшемді температуралық өрісті бұрмалайды. Температура өрісінің бір өлшемді еместігін тудыратын қосындылар әсері тек қабырға қоршау материалының біртектілігімен ғана емес, сонымен қатар оның өлшемдерімен де байланысты: жұқа қабырғаларда температураның таралуы сызықты болып келеді, жылу ағыны бір өлшемді және тек қабырға бойымен өтеді.

Қазіргі уақытта негізгі назар, ең алдымен, қоршау құрылымдарының жылулық кедергісін арттыруға бағытталған конструктивті-технологиялық шараларға аударылуда. Бүгінгі күні келесі мәселелер зерттелуде: қабырғалардың температуралық-ылғалдылық режимін оңтайландыру, яғни құрылымдардың қызмет ету мерзімі; қосындылардың жылу жоғалту көлеміне және қоршаулардың жылулық кедергісіне әсері [1]; қос қабатты қасбеттердің жылу шығындарына әсері; жаңа жылу оқшаулағыш материалдарды қолданудың жылу кедергісі мен энергия тиімділігіне әсері [2] және т.б.

Ғимараттардың қоршау құрылымдарының жылулық режимі көптеген факторлардың әсеріне байланысты. Кез келген қоршау құрылымы жылу берілісін тежейтін жылулық тосқауыл (перде) қызметін атқарады. [3,4] еңбектерінде құрылыс қоршауларын дұрыс жобаламау мәселесі сипатталған. Міндеттердің бірі — қабырға қоршауларының температуралық жай-күйін жобалау кезеңінде-ақ болжау [5].

Геометриялық қосындылар деп бір өлшемді температуралық өрістің бұрмалануына әсер ететін факторлар түсініледі. Оларға мыналар жатады: қабырғаның бойлық және көлденең өлшемдері, жылуөткізгіш орта алып жатқан аймақтың геометриясындағы бұрмаланулар және оның шекарасының бұрмалануы.

$|x| < \infty$, $0 < y < h$ жолағында бірөлшемді температура өрісінің бар-жоғы мәселесі анықталуы қажет, мұнда x – қабырға бойымен, y – қабырғаға көлденең

бағытта есептелетін координаталар. x және y координаталары қабырға қоршауының бойлық өлшемі L бойынша нормаланған деп есептеледі, мұндағы $h/L \ll 1$. Мұнда L және h – қабырға қоршауының бойлық және көлденең өлшемдері (мәндері бір шамада немесе салыстыруға келмейтіндей әртүрлі болуы мүмкін). Температураны анықтау формуласы келтірілген [5].

$$T(x, y) = \frac{1}{2\pi} \left(\int_{-\infty}^{\infty} d\xi T_0(\xi) \int_{-\infty}^{\infty} d\omega \frac{sh\omega(h-y)}{sh\omega h} \exp(-i\omega(x-\xi)) + \int_{-\infty}^{\infty} d\xi T_1(\xi) \int_{-\infty}^{\infty} d\omega \frac{sh\omega y}{sh\omega h} \exp(-i\omega(x-\xi)) \right) \quad (1)$$

мұндағы $T_i = T_i(x)$, $i=0,1$ – шекаралардағы (түзу сызықтардағы) температураның шекті мәндері;

$y=0$, h тиісінше, қабырғаның көлденең координатасы немесе қалыңдығы;
 ξ , ω - интегралдау айнымалылары.

(1) формуласына шектеусіз операторлар алгебрасында неғұрлым ықшам түр беруге болады:

$$T(x, y) = \cos e c(h\partial_x) \sin((h-y)\partial_x) T_0(x) + \cos e c(h\partial_x) \sin(y\partial_x) T_1(x), \text{cosech}(h\partial_x) := (sh(h\partial_x))^{-1}. \quad (2)$$

Егер $h \ll 1$ (жіңішке немесе бір өлшемді қабырға) болса, онда (1) формуласынан Сен-Венан принципі шығады:

$$T(x, y) = T_0(x)(1 - y/h) + T_1(x)y/h, \quad (3)$$

(3) формуласы тек шекаралық температуралардың сызықтық таралуы үшін дұрыс:

$$\partial_x^m T_i(x) = 0, i = 0,1; m > 1.$$

Бұл барлық шекаралық температуралардың x координатасы бойынша туындылары, бірінші туындыдан жоғары, нөлге тең екенін білдіреді.

(2) формуласынан вектордың компоненттері ∇T келесі түрде құралады:

$$\frac{\partial T}{\partial x} = \cos e c(h\partial_x) \sin((h-y)\partial_x) \partial_x T_0(x) + \cos e c(h\partial_x) \sin(y\partial_x) \partial_x T_1(x),$$

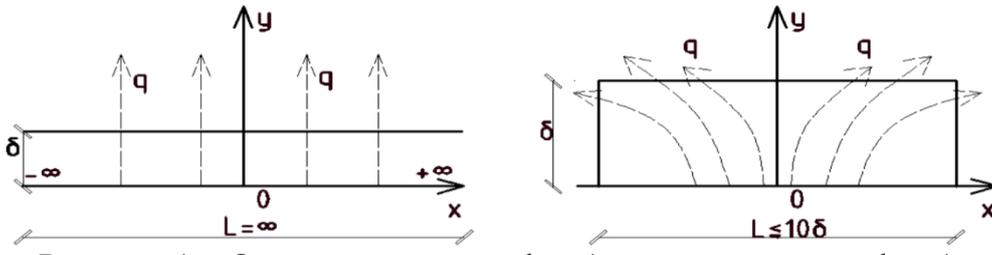
$$\frac{\partial T}{\partial y} = -\cos e c(h\partial_x) \cos((h-y)\partial_x) \partial_x T_0(x) + \cos e c(h\partial_x) \cos(y\partial_x) \partial_x T_1(x). \quad (4)$$

Қарастырайық, егер $h \gg 1$ болса, тапсырма едәуір екіөлшемді болады. Бұл жағдайда екінші, бойлық, координата x пайда болады, ол құрылым бойымен есептеледі. Жоғарғы жарты жазықтықта ($y > 0$) температураның таралуы үшін Дирихле өзегі бар формула дұрыс болады:

$$T(x, y) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{T_0(x-ty) dt}{1+t^2} = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\exp(-yt\partial_x) dt}{1+t^2} T_0(x). \quad (5)$$

мұндағы t – интегралдау айнымалысы.

1-суретте бір өлшемді және екі өлшемді қабырғалар арқылы жылу ағынының тоқ сызықтарының схемалары көрсетілген, олар жылу ағынының «таралу» әсерін бейнелейді.



1-сурет – Бір өлшемді қабырға, $h \ll 1$, екі өлшемді қабырға $h \gg 1$

у осі бойымен туынды x осі бойымен туындыдан әлдеқайда үлкен, сондықтан жұқа қабырғада жылу ағынының x осі бойымен компоненттері у осі бойымен компоненттерден (қабырғаға көлденең) әлдеқайда аз, және температуралық өріс бір өлшемді ретінде әрекет етеді. Екі өлшемді қабырғада температура градиентінің x-компоненті бар, ол у-компонентімен өлшемдес. Шекаралық температураның $T_0(x)$ бойынша біртекті еместігі $y=0$ ординатасында қосынды ретінде әрекет етеді, бұл жылудың таралуының бір өлшемді моделін бұрмайды. Себебі жылу ағынының x-компоненті бар, қабырғаның геометриялық өлшемін екі есе арттырған кезде жылу ағынының абсолюттік мөлшері азаймайды.

Температураның таралуындағы біртекті еместік өлшемі ретінде температуралық шекаралық қабаттың қалыңдығы қызмет етеді, ол шексіз аймақ үшін температура бойынша орташа таралу ретінде анықталады:

$$\delta(x) := \frac{1}{T_0(x)} \int_0^\infty T(x, y) dy = \frac{1}{\pi T_0(x)} \int_0^\infty dy \int_{-\infty}^\infty \frac{\exp(-ty \partial_x)}{1+t^2} dt T_0(x) \quad (6)$$

$$\delta(x) = \frac{1}{T_0(x)} \int_{-\infty}^x T_0(z) dz = \frac{\partial_x^{-1} T_0}{T_0}. \quad (7)$$

мұндағы z – интегралдау айнымалысы. (7) өрнегінен температуралық шекаралық қабаттың қалыңдығы үшін формула шығады:

$$\delta_T = \frac{\delta(T_0 - T_1)}{2(T_0 - T_1)_{\text{нач}}} \quad (8)$$

мұндағы $(T_0 - T_1)_{\text{нач}}$ – бастапқы температураның айырмасы.

Бір өлшемді жылудың таралуы қарастырылды, яғни екі еркіндік дәрежесі бар динамикалық жүйе, t –уақыт және y –көлденең координата.

Өзгерістерді қолдану ыңғайлылығы үшін туындылар Дюгем әдісі бойынша температураның өзгерісі δT және жылу ағынының тығыздығының δq өзгерісі үшін функционалдық анықтаушылар түрінде көрсетіледі. Жеке туындылар үшін осындай белгілер енгізілген, төменгі таңба тұрақты еркіндік дәрежесін білдіреді.

$$R := \frac{\delta T}{\delta q} = \frac{A \delta t + B \delta y}{C \delta t + D \delta y}, T = T(t, y); q = q(t, y) \quad (9)$$

$$A := \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)_y = \frac{\partial(T, y)}{\partial(t, y)}, B := \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right)_t = \frac{\partial(T, t)}{\partial(y, t)}; C := \left(\frac{\partial q}{\partial t} \right)_y = \frac{\partial(q, y)}{\partial(t, y)}, D := \left(\frac{\partial q}{\partial t} \right)_t = \frac{\partial(q, t)}{\partial(y, t)}.$$

мұндағы A, B, C, D - Монжаның бірінші ретті туындылар үшін температура мен жылу ағынының белгілері.

Құрылыс жылу техникасында қабырғаның (активті) термикалық кедергісі R_a ұғымы маңызды рөл атқарады, ол қабырғаның термикалық сапасын тұрақты температуралық режим жағдайында өлшейтін көрсеткіш ретінде анықталады:

$$R_a := \frac{B}{D} = \frac{\partial(T,t)}{\partial(q,t)} = \left(\frac{\partial T}{\partial q}\right)_t. \quad (10)$$

Сонымен қатар, R_a жалпыға белгілі формула бойынша есептелуі мүмкін:

$$R_a = \frac{1}{a_{int}} + \frac{\delta_T(x)}{\lambda} + \frac{1}{a_{ext}} \quad (11)$$

Есеп мысалы. Құрамы толық керамикалық кірпіштен жасалған қалыңдығы 510 мм қабырға. Қабырғаның сыртқы бетінде температура 30°C-дан 40°C-ға дейін өзгереді. Қабырғаның ішкі бетінде бөлмедегі температура өзгеріссіз 18°C күйінде қалады. Бұл қабырғаның термикалық кедергісі, стандарттарға сәйкес есептелгенде, $R = 0,897 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ құрайды.

Бұл мән бөлменің ішкі және сыртқы температураларымен (қабырға жақтарындағы температура айырмашылығымен) ешқандай байланысты емес. Жоғарыда көрсетілген әдістеме бойынша қабырға құрылымының қабырға жақтарындағы температура айырмашылығы өзгергенде қалай әрекет ететінін есептеу қажет. Мәліметтер 1-кестеде көрсетілген.

1-кесте – Ыстық және суық беттердегі температуралардың әсерінен жылу-техникалық параметрлердің өзгеруі

| T қабырға бетіндегі температура, °C | R_a , м ² ·°C/Вт | δ_T , м | δq , м | R , м ² ·°C/Вт | R_r , м ² ·°C/Вт | $\delta q / \delta T$ |
|---------------------------------------|-------------------------------|----------------|----------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| -30 | 0,528 | 0,255 | 0,510 | 0,829 | 0,301 | 2 |
| 0 | 0,297 | 0,095 | 0,510 | 0,466 | 0,169 | 5,368 |
| +18 | 0,158 | 0* | 0,510 | 0,248 | 0,09 | ∞ |
| +40 | 0,328 | -0,116** | 0,510 | 0,515 | 0,187 | 4,396 |

* $T_0 = T_1$ болғанда температуралық шекаралық қабат жоқ;

** Минус белгісі пайда болады, егер: $T_1 > T_0$ және жылу ағыны бағытын өзгертіп, жылу бөлмеге бағытталады.

Екі өлшемді қабырға жағдайында R_a бір өлшемді қабырғадағы R_a -дан жоғары болмайды, егер температура айырмашылығы бірдей болса. Бір өлшемді қабырғада жылу ағынының таралу әсері жоқ, жылу ағыны тек қабырға бойымен таралады.

Әдебиеттер:

1. Есенгабулов С.К. Энергоэффективные наружные стены с организованным воздухообменом: автореферат. – М., 2009. – С. 163.
2. Ватин Н.И. Энергоэффективность ограждающих конструкций при капитальном ремонте // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2013. – №3(8) – С. 1-11.

3. Корниенко С.В. Многофакторная оценка теплового режима в элементах оболочки здания // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – №8. – С. 25-37.
4. Zemitis J. Measurements of moisture production caused by various sources // Energy and Buildings. – 2016. – Vol. 127. – P. 884-891.
5. Корниенко С.В. Тестирование метода расчета температурно-влажностного режима ограждающих конструкций на результатах тепловизионного обследования жилого здания // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2012. – №29(48). – С. 75-79.

ЭОЖ 624.9

Шолпанкулова М.С., Халықаралық Көліктік-Гуманитарлық Университеті магистранты

Мурзалина Г.Б., т.ғ.к., М. Тынышбаев атындағы АЛТ университеті асс. проф.

Жұман А., «PT.LONGYUAN PETROTECH» ЖШС инженер-сарапшысы

ЭНЕРГИЯ ҮНЕМДЕУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ҚОЛДАНУМЕН ЖӨНДЕУ-ҚҰРЫЛЫС ӨНДІРІСІНІҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Бұл мақалада көп пәтерлі үйлерге күрделі жөндеу жүргізу кезінде энергия үнемдеу технологияларын қолдана отырып, ұйымдастырушылық-технологиялық шешімдерді модельдеу арқылы жөндеу-құрылыс өндірісін ұйымдастырудың жалпы заңдылықтарын анықтау қарастырылған.

Түйін сөздер: күрделі жөндеу, энергия тиімділігі, энергия үнемдеу технологиялары, жөндеу-құрылыс өндірісі, көп пәтерлі үйлер, технологиялық сұлбалар, ұйымдастыру-технологиялық шешімдер, процестерді модельдеу, графтық әдістер, ресурстарды оңтайландыру.

В данной статье рассматривается выявление общих закономерностей организации ремонтно-строительного производства путем моделирования организационно-технологических решений с использованием энергосберегающих технологий при проведении капитального ремонта многоквартирных домов.

Ключевые слова: капитальный ремонт, энергоэффективность, энергосберегающие технологии, ремонтно-строительное производство, многоквартирные дома, технологические схемы, организационно-технологические решения, моделирование процессов, графовые методы, оптимизация ресурсов.

This article examines the identification of general patterns in the organization of repair and construction production by modeling organizational and technological solutions using energy-saving technologies during major repairs of apartment buildings.

Keywords: capital renovation, energy efficiency, energy-saving technologies, repair and construction production, multi-apartment buildings, technological schemes, organizational and technological solutions, process modeling, graph methods, resource optimization.

Қазіргі уақытта энергияны үнемдейтін технологияларды қолдана отырып, жөндеу-құрылыс өндірісін ұйымдастыруды модельдеуге негізделген ғимараттарды күрделі жөндеудегі жұмыстарды өндірудің технологиялық сұлбаларының ұтымды нұсқаларын бағалау және таңдау бойынша теориялық зерттеулер мен практикалық ұсыныстар жоқ.

Жөндеу-құрылыс өндірісі (бұдан әрі – ЖҚӨ) жұмыстарды жобалау мен орындау технологиясында, өндірістік процесті ұйымдастыруда, материалдарды (шағын партияларда) пайдалануда, өнімділігі жоғары техниканы қолданудың шектелуінде ерекше ерекшеліктерге ие.

Осы ерекшеліктердің барлығы күрделі жөндеу (бұдан әрі – КЖ) бойынша жөндеу-құрылыс жұмыстарын жүргізу кезінде жаңадан салынатын объектілердің құрылысын ұйымдастыруды модельдеудің қолданыстағы әдістерін қолдануды едәуір қиындатады.

Көп пәтерлі үйлерді (бұдан әрі – КПУ) күрделі жөндеуден кейін энергия тиімділігі бойынша талаптарға қол жеткізу үшін жұмыста күрделі жөндеу бойынша жұмыстардың негізгі түрлері айқындалды және жылумен жабдықтау, сумен жабдықтау, электрмен жабдықтау және газбен жабдықтау жүйелерінде қоршау конструкциялары арқылы жылу шығынын және коммуналдық ресурстардың шығынын азайту үшін энергия үнемдеу іс-шараларының кешендері ұсынылды (1-кесте) [1].

1-кесте – Көп пәтерлі үйлерді күрделі жөндеу бойынша жұмыстар тізбесі және энергия үнемдеу іс-шараларының кешендері

| Энергия жинаушы. технол. № | Жөндеу (ауыстыру) бойынша жұмыс түрлері | Іс-шараның атауы |
|----------------------------|---|---|
| 1 | Шатыр | Жылу оқшаулау (жылыту) және шатыр жабынын гидро-оқшаулау |
| | | Шатырды ауыстыру |
| 2 | Қасбет, іргетас, жертөле | Топыраққа төселінген жертөле едені мен қабырғаларын жылу оқшаулау (жылыту) |
| | | Сыртқы қабырғаларды жылу оқшаулау (жылыту) |
| | | Қолданыстағы терезелерді жөндеу (ауыстыру) |
| | | Есіктерді автоматты жабуды қамтамасыз етумен орната отырып, сыртқы есік ойықтарын тығыздау (жылыту) |
| 3 | Электрмен жабдықтау | Нақты тозған жалпы үйлік электр желілерін (сымдарды) және кіріспе-тарату құрылғыларын ауыстыру |
| | | Жалпы пайдалану орындарындағы қыздыру шамдарын (баспалдақ торлары, баспалдақ марштары, кіреберістерді сыртқы жарықтандыру) энергия үнемдейтін жарықтандыру аспаптарына ауыстыру |
| | | Жалпы пайдалану орындарында болу датчиктерін орнату |
| | | Үйге ортақ электр энергиясын есептеу аспаптарын орнату |
| 4 | Газбен жабдықтау | Газбен жабдықтау жүйелерінің үй ішілік құбырларын (жертөледегі және/немесе шатырдағы құбырларды, тік құбырларды) ауыстыру |
| | | Табиғи газды тұтынуды есепке алудың үйге ортақ аспаптарын орнату |

| | | |
|---|--|--|
| 5 | Жылумен жабдықтау, суық/ыстық сумен жабдықтау, суды бұру | Жылыту құрылғыларының артына жылу шағылыстыратын экрандарды орнату |
| | | Ғимараттағы үй ішілік инженерлік желілерді, оның ішінде; жылыту жүйелерінің үй ішілік құбыр жолдарын, суық (ССЖ) / ыстық (ЫСЖ) сумен жабдықтауды, суды бұруды (СБ) толық реконструкциялау (ауыстыру) |
| | | Ыстық (ЫСЖ) және суық (ССЖ) сумен жабдықтау жүйелеріндегі ғимаратқа кіре берісте су қысымын реттегішті орнату |
| | | Ыстық сумен жабдықтау (ЫСЖ) жүйесінде ыстық су айналым құбырын орнату |
| | | Жылыту жүйесінде автоматтандырылған басқаруды (ЖЖАБ) (ғимараттағы элеваторлық тораптарын ауыстыру) орнату |
| | | Автоматтандырылған жеке жылу пункті (АЖЖП) (ғимараттағы элеваторлық тораптарын ауыстыру) орнату |
| | | Жылыту жүйесінің тік құбырларда теңгерімдеу клапандарын (вентильдерді) орнату |
| | | Жылыту аспаптарында термореттегіш клапандарды (термореттегіштерді) орнату |
| | | Жылу энергиясын, суық және ыстық суды тұтынуды есепке алудың жалпы үйлік аспаптарын орнату |
| 6 | Лифтпен жабдықтау | Лифтті ауыстыру |
| | | Қалпына келтіру жүйесін орнату |

Бұдан әрі жұмыста күрделі жөндеу жүргізу кезінде энергия үнемдеу технологиялары (ЭҮТ) ретінде энергия үнемдеу іс-шаралары кешенін жүргізе отырып, жұмыстың алты түрі орындалады:

ЭҮТ №1 – Шатырды жөндеу;

ЭҮТ №2 – Қасбетті, іргетасты, жертөлені жөндеу;

ЭҮТ №3 – Электрмен жабдықтауды жөндеу;

ЭҮТ №4 – Газбен жабдықтауды жөндеу;

ЭҮТ №5 – Жылумен жабдықтауды, суық/ыстық сумен жабдықтауды жөндеу, суды бұру;

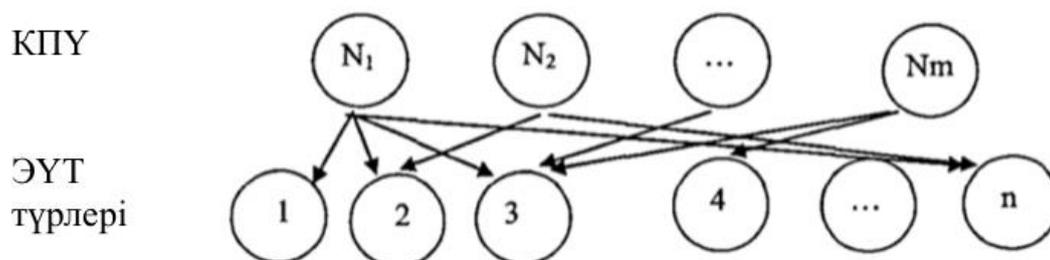
ЭҮТ №6 – Лифт жабдықтарын жөндеу немесе ауыстыру.

Егер графикалық теорияның математикалық алгоритмін өндірістік жағдайға жобалайтын болсақ, онда күрделі жөндеу кезінде жөндеу және құрылыс өндірісі процесіне ЭҮТ қосудың реттілік нұсқаларының үйлесімі және оларды қолданудың тиімділігі бағдарланған графиктердің құрамы түрінде ұсынылуы мүмкін.

Біріншіден, белгіленген критерийлер тұрғысынан жағдайды анықтайтын орграф тұрғызылады (критерийлердің дифференциациясын муниципалды білім беру бойынша саралауды субъект дербес белгілейді).

Содан кейін бір КПУ-де ЭҮТ енгізу шығындарын азайту және КЖ ЖӨ ресурстық мүмкіндіктеріне шектеулерді ескере отырып, одан әрі пайдалану тиімділігі тұрғысынан ең ұтымды шешімді анықтау міндеті кезең-кезеңімен шешіледі [2].

1. Қосалқы тарату станциясының энергия үнемдеу технологияларын пайдалану нұсқалары (1-сур.).



1-сурет – ЭҮТ пайдалану шешімдерінің графигі

Қосалқы тарату станциясының конструктивті шешімі ресурстық мүмкіндіктері бойынша екілік қатынастар матрицасы құрылады.

Егер осы көп пәтерлі үйлерде энергияның тиімді технологияларын енгізу үшін жеткілікті ресурстар болса, кестеде 1, егер жеткіліксіз болса - 0 мәні қойылады.

2. ЭҮТ тиімділігін бағалау. Әрбір технологияның N тиімділігі көрсеткіштері және I_p кешіктіріп енгізудегі мүмкін болатын шығындары болады. Есептеулер негізінде ЭҮТ жиынтығы анықталады, оны бірінші кезекте орындау керек, өйткені олар тиімділіктің тиісті деңгейіне ие және іске асыру мерзімдерін ауыстыруға жол бермейді. Бұл ЭҮТ дәйекті түрде қосатын «ағаш» түрінде орграф құруға мүмкіндік береді. «Ағаш» N тиімділіктің басымдығы бойынша тұрғызылады. Келесі жолдарда осы көрсеткішке бағытталған, бірақ мүмкін нұсқалардың ішінен 1_p ең үлкен мәні болатын ЭҮТ таңдалады. Шыңдары 1_p кему ретімен сараланады, егер $1_p = \text{ЭҮТ енгізуді кейінге қалдыру практикалық емес}$ дегенді білдіреді, бұл жоғалған пайданың айтарлықтай мөлшерін тудырады.

Қосалқы тарату станциясының конструктивті шешімі ресурстары n -нысандарда бір уақытта бірнеше технологияларды жүзеге асыруға мүмкіндік беретіндіктен, минималды шығындары бар жолды табу үшін Флойд-Уоршеллдің динамикалық алгоритмін қолданумен ерекшеленетін модель құрылды, бұл ЭҮТ-ны бір уақытта іске асыру шарттарын есептеуге және ЖӨ шеңберінде КЖ жүргізу кезінде ЭҮТ-ны жөндеу және құрылыс өндірісіне қосу кезектілігінің жоқпарын құруға мүмкіндік береді [3].

Конструктивті жұмыстарды өндірудің технологиялық сұлбаларын таңдау міндеті үш кезеңде шешілді:

1. Күрделі жөндеудегі жөндеу-құрылыс өндірісінің әдістерінің ұйымдастыру-технологиялық құрылымының нұсқаларын айқындау әдістемесін жасау;

2. Күрделі жөндеудегі жөндеу-құрылыс жұмыстарын жүргізу әдістерінің ұйымдастыру-технологиялық құрылымының салыстырмалы нұсқаларын және оларға әсер ету факторларын сипаттайтын ғылыми негізделген формальды көрсеткіштердің жиынтығын анықтау;

3. Күрделі жөндеудегі жөндеу-құрылыс жұмыстарын жүргізу әдістерінің ұйымдастыру-технологиялық құрылымының салыстырылатын нұсқаларды бағалау алгоритмін әзірлеу.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы ең үлкен нәтижеге қол жеткізгенде оларды енгізу және пайдалану шығындарын азайту бөлігінде ұтымды шешімдерді іздеу негізінде жұмыстарды ұйымдастыруды жобалау сатысында көп пәтерлі үйлердің күрделі жөндеуін жүргізуде энергияны үнемдеу технологияларын енгізу және құрылыс өндірісі процесіне тиімді пайдалану болып табылады.

Әдебиеттер:

1. Курочка П.Н. Задачи оптимального размещения ресурсов организации / П.Н. Курочка, В.Н. Шипилов, Б.А. Шиянов // Вестник Воронеж. гос. техн. ун-та. – 2009. – Т. 5. – №5. – С. 64-70.
2. Ливчак В.И. Энергосбережение и энергоэффективность – это борьба с расточительностью, а не снижение комфортных условий // АВОК. – 2010. – №2.
3. Самарин О.Д. О возможностях комплексного энергосбережения в общественных и многофункциональных зданиях за счет малозатратных инженерных решений/ О.Д. Самарин, Энергоэффективность. Опыт. Проблемы. Решения. – 2008. – №1-2. – С. 41-45.

3.2 СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА И НАДЕЖНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ

УДК 711.4

Аралбай С.М., ст. гр. СИ-23-2кр, Сатпаев Университет

Достанова С.Х., д.т.н., ассоциированный профессор, Сатпаев Университет

Айтмуханова П., ассоциированный профессор, Сатпаев Университет

ПРОБЛЕМЫ ДИНАМИКИ СООРУЖЕНИЙ И СОВРЕМЕННЫЕ ПУТИ ИХ РАЗВИТИЯ

В данной статье рассмотрены проблемы динамики сооружений и современные пути их развития.

Ключевые слова: динамика зданий, динамические нагрузки, сейсмическое воздействие, колебательные системы, демпфирование, сейсмостойкость, сейсмоизоляция, динамическая устойчивость, нелинейные модели, надежность конструкций.

Мақалада құрылымдар динамикасының проблемалары және олардың қазіргі заманғы даму жолдары қарастырылған.

Түйін сөздер: гимараттар динамикасы, динамикалық жүктемелер, сейсмикалық әсер, тербелмелі жүйелер, демпфирлеу, сейсотөзімділік, сейсмоқшаулау, динамикалық орнықтылық, сызықтық емес модельдер, конструкциялардың сенімділігі.

This article discusses the problems of the dynamics of structures and modern ways of their development.

Keywords: *building dynamics, dynamic loads, seismic action, oscillatory systems, damping, seismic resistance, seismic isolation, dynamic stability, nonlinear models, structural reliability.*

Практика многолетнего проектирования и эксплуатации зданий и сооружений демонстрирует, что одних лишь расчётов на прочность при статических нагрузках недостаточно для гарантии их надёжности. Стремление к снижению расхода строительных материалов часто ведёт к ухудшению прочностных и жёсткостных характеристик конструкций. Помимо традиционных материалов, в строительстве всё чаще используются новые, ещё недостаточно исследованные компоненты. Всё это в совокупности способствует увеличению риска разрушения сооружений от значительных колебаний и потери устойчивости. Примерами таких разрушений являются разрушение аквапарка, Басманного рынка в г. Москва и олимпийского стадиона в г. Санкт-Петербург при его реконструкции и др. В современных условиях возрастающая сейсмическая активность, ветровые нагрузки, технологические и антропогенные воздействия требуют новых подходов к проектированию и расчету зданий.

К динамическим относятся воздействия, характеризующиеся достаточно быстрым изменением во времени их величины, направления или места приложения (сразу всех параметров или некоторых из них), в результате чего в элементах конструкций могут возникать значительной силы инерции, которые необходимо учитывать в динамическом расчёте. Поэтому к сооружениям часто возникает необходимость учитывать воздействия данных колебаний на их напряженное состояние, а также необходима уверенность в том, что при увеличении нагрузки или при различных случайных воздействиях сооружение не потеряет свою устойчивость, т.е. сохранит свое равновесное состояние. Поэтому расчеты сооружений на колебания является важными и актуальными [1-4].

Рассмотрим диссипативные и консервативные колебательные системы.

Механические системы с диссипацией энергии — это системы, в которых происходит утрата энергии за счёт её рассеяния, называют диссипативными. В условиях реальной эксплуатации сооружений процессы энергопотерь неизбежны. Энергетический потенциал колеблющейся конструкции всегда превышает уровень энергии в состоянии покоя. Согласно второму закону термодинамики, при отсутствии внешнего энергетического подпитки такие колебания постепенно затухают. Это отражает естественные процессы: в ходе колебаний в материалах, соединениях и опорных элементах формируются внутренние силы трения, преобразующие механическую энергию в тепловую. Образующееся тепло, как избыточная форма энергии, диссипирует в окружающую среду. Дополнительно, сопротивление воздуха также способствует снижению уровня энергии в системе. В результате, если внешние воздействия отсутствуют, колебательные процессы в конструкции прекращаются спустя определённое время.

Простейшей диссипативной системой, моделирующей наличие сил сопротивления, является масса с пружиной и вязким элементом (рис. 1). Её вязкий элемент c , сопротивляющийся колебаниям, называется демпфером. Поэтому диссипативную систему называют системой с демпфированием. Иногда ее называют системой с затуханием.

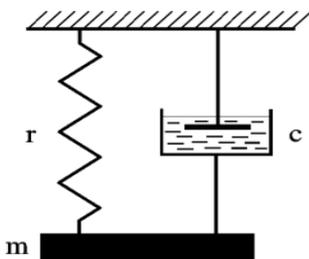


Рисунок 1 – Диссипативная система

Наиболее простой моделью консервативной колебательной системы служит масса m , закреплённая на пружине с коэффициентом жёсткости r (рис. 2).

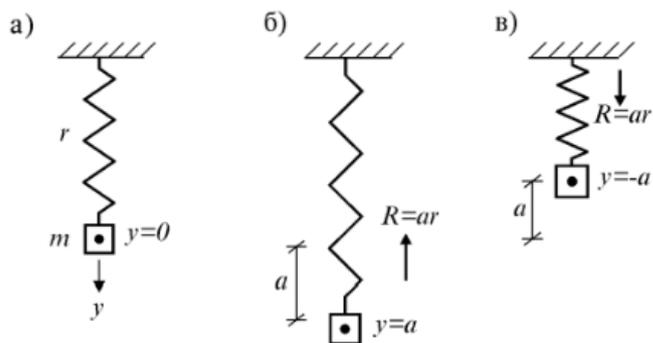


Рисунок 2 – Консервативная система

Современные методы расчета динамических воздействий:

1. Аналитические методы, основанные на механике твердых деформируемых тел;
2. Численные методы (МКЭ, СПДС, SPH);
3. Экспериментальные исследования (моделирование в аэродинамических трубах, виброиспытания);
4. Применение ВМ и цифровых двойников;
5. Использование искусственного интеллекта.

При проектировании и расчете зданий и сооружений можно выделить следующие проблемы:

1. Установление закономерностей напряженно-деформированного состояния сооружений при различных видах динамических воздействий;

2. Разработка физических и математических моделей, отражающих реальные процессы в зданиях и сооружениях при динамических воздействиях;
3. Учет конструктивных, геометрических и физических нелинейностей при проектировании и расчете сооружений при динамических воздействиях;
4. Оценка теоретических результатов на основе специальной системы верификационных испытаний;
5. Разработка современных компьютерных комплексов с использованием искусственного интеллекта;
6. Дальнейшее развитие экспериментальной базы по исследованию свойств грунтового основания при динамических воздействиях;
7. Разработка интегрированной интеллектуальной системы мониторинга за ресурсами динамической несущей способности зданий и сооружений в процессе эксплуатации;
8. Разработка интеллектуальных технологий в исследовании надежности строительных конструкций при динамических воздействиях.
9. Развитие вероятностных методов к исследованию недетерминированных процессов, влияющих на напряженное состояние сооружений при динамических воздействиях.
10. Дальнейшее развитие нормативных документов, разработанных с учетом достоверных результатов научных исследований.

Представленные проблемы при проектировании современных зданий и сооружений при динамических воздействиях выдвинули на первый план следующие направления их развития [3-5]:

1. Сейсмостойкость и адаптивные конструкции
 - Современные методы повышения сейсмостойкости. Применение демпфирующих систем
 - Влияние грунтовых условий на поведение зданий при землетрясениях
2. Динамическая устойчивость высотных и уникальных сооружений
 - Проблемы аэродинамической устойчивости небоскребов
 - Акустические эффекты в высотных зданиях
3. Динамика мостов и транспортных сооружений
 - Влияние транспортных нагрузок на колебания мостов
 - Проблема резонансных явлений
4. Перспективы развития динамики зданий
 - Интеллектуальные конструкции с активными системами управления свойствами;
 - Использование новых материалов с повышенными демпфирующими свойствами.

Рассмотрим более подробно действие сейсмической нагрузки, это особенно важно для сейсмических районов Казахстана. Как было ранее сказано, из большого разнообразия динамических нагрузок наиболее распространенной и опасной является сейсмическая нагрузка. Землетрясения представляют собой движение земной поверхности, вызванные воздействием сейсмических волн. Сейсмические волны обычно ощущаются как сильные, интенсивные движения

поверхности. Наиболее часто сейсмические волны ощущаются как горизонтальные колебательные движения земли. Но иногда наблюдаются и земные волны в буквальном смысле слова: волны движутся по земле как по озеру. Внутри очага происходит сейсмическое событие стремительное высвобождение накопленной деформационной энергии в очаге. Из этой зоны во всех направлениях распространяются сейсмические волны, перенося с собой высвободившуюся энергию.

Сейсмические волны, зарождающиеся в очаге землетрясения, относят к объемному типу (или объемным волнам). Они подразделяются на продольные и поперечные. Продольные волны распространяются с наибольшей скоростью, и в них смещения происходят вдоль направления движения волны. В поперечных волнах перемещения происходят перпендикулярно вектору распространения. Достигнув земной поверхности, продольные и поперечные волны расходуют оставшуюся энергию на деформацию рельефа и разрушение различных объектов, включая здания и сооружения.

При распространении поперечных волн, в отличие от продольных, в грунте наблюдаются не только поступательные, но и вращательные перемещения. Это требует обязательного учета крутящих воздействий на здания и сооружения. Продольные (Р) волны имеют большую скорость распространения по сравнению с поперечными (S) волнами. При достижении поверхности земли объемные волны расходуют лишь часть остаточной энергии на разрушение объектов и деформацию рельефа. Оставшаяся энергия направляется на генерацию специфических сейсмических колебаний, распространяющихся по приповерхностным слоям. Эти колебания известны как поверхностные волны.

Экономический ущерб от разрушений, вызванных землетрясениями, во много раз превосходит средства, необходимые для сейсмозащиты [5-6].

В связи с этим выделяются три проблемы:

1. Неточность карт общего сейсмического районирования (о чем говорится в проекте новых СНиП). В связи с этим необходимо проведение сейсмического микрорайонирования (СМР) для уточнения сейсмического влияния.
2. Неясна модель, как и какая часть нагрузки передается на здание.
3. Распределение воздействующих усилий по вертикальной оси сооружения.

Все эти проблемы вносят неопределенный вклад в расчет при проектировании. Поэтому задача СМР состоит в том, чтобы учесть сейсмические воздействия при проектировании зданий, а конструктивные решения обязывают нас строить так, чтобы была обеспечена повышенная надежность и безопасность зданий.

Новая концепция проектирования сейсмоустойчивых зданий и сооружений базируется на соблюдении трех ключевых требований:

– несущие элементы должны иметь достаточный запас прочности для многократного восприятия расчетной сейсмической нагрузки без значительных повреждений;

– конструкции обязаны выдерживать однократное воздействие землетрясения, интенсивность которого превышает расчетную на один балл, без разрушения здания или его отдельных частей;

– инженерные системы должны обеспечивать уровень сейсмостойкости, сопоставимый с уровнем конструктивных элементов.

Для обеспечения этих требований расчеты сейсмической устойчивости выполняются: при расчетной сейсмичности площадки – по второму предельному состоянию, а при нагрузке, превышающей расчетную на один балл, – по первому предельному состоянию.

Одним из перспективных направлений повышения сейсмостойкости зданий является применение систем сейсмоизоляции [5–7]. Суть сейсмоизоляции заключается в разнесении собственных частот колебаний здания и частот внешнего сейсмического воздействия, что позволяет существенно снизить передачу механической энергии от основания к конструкции. В международной практике разработан широкий спектр сейсмоизоляционных решений и устройств для рассеивания колебательной энергии, включая демпфирующие элементы, а также технологии, основанные на материалах с эффектом памяти формы и других интеллектуальных системах.

Учет поведения конструкций в упругопластической стадии имеет принципиальное значение. Во-первых, при переходе в упругопластический режим изменяются характеристики жесткости элементов, что зачастую способствует снижению воспринимаемой сейсмической нагрузки. Во-вторых, в условиях нелинейной работы конструкция способна поглощать существенно больше энергии по сравнению с чисто упругими деформациями, что также способствует уменьшению уровня динамического воздействия.

На первом этапе исследований неупругой работы сооружений при сейсмических воздействиях большая часть публикаций посвящалась анализу колебаний простых расчетных моделей при движении основания по гармоническим законам, и лишь в отдельных случаях исследования велись с использованием реальных записей сейсмических колебаний грунта, акселерограмм землетрясений.

Обеспечение сейсмической устойчивости зданий осуществляется по двум основным направлениям: первое — повышение сейсмостойкости объектов существующего фонда; второе — проектирование и возведение новых сооружений, обеспечивающих максимальную защиту жизни людей и сохранность материальных ценностей в условиях сейсмического воздействия.

Перспективные направления развития технологий сейсмостойкого строительства [3–7]:

– для устранения имеющихся противоречий между теорией и практикой необходимо дальнейшее развитие теории и сближение ее к описанию реального поведения конструкций при землетрясениях повышенной и проектной интенсивности. Необходимо уточнять инструментальные данные исследований, грунтовые условия, нормативно-технические документы и предусмотрение мероприятий, обеспечивающих сохранность и устойчивость несущих конструкций здания или сооружения, применять конструктивные схемы, способные противостоять

сейсмическим воздействиям в любом направлении и ограничивать крутильные колебания в плане, а также предусматривать мероприятия, обеспечивающие способность конструкций к пластическому деформированию.

– разработка новых методов проектирования сейсмостойких сооружений: т.к. землетрясения представляют собой сложный многопараметрический процесс, поэтому необходимо совершенствовать расчетные модели сейсмостойких зданий с учетом переменных физических, геометрических и конструктивных параметров всей системы «здание-фундамент-основание» в процессе землетрясений. К примеру, установлено, что основная часть горизонтальных сейсмических усилий передается на здание через его заглубленные элементы. В связи с этим важным инженерным требованием является минимизация заглубления фундамента, а также снижение коэффициента трения между подошвой фундамента и основанием за счёт применения скользящего слоя.

Для этого используют здания замкнутого типа, включающие сплошную фундаментную платформу. При этом благодаря большой площади опирания усиливается жесткость и понижается давление на грунт.

– развитие двух подходов: детерминированного и недетерминированного к изучению сейсмостойкости зданий и сооружений. Разработка и внедрение новых эффективных конструктивных решений сейсмостойких зданий повышенной живучести, основанных на инновационных технологиях.

Выводы

Динамика зданий и сооружений является сложной и многогранной областью, требующей интеграции знаний из механики, математики, физики, строительных конструкций и материаловедения. Современные технологии позволяют значительно повысить безопасность и надежность строительных объектов, но требуют дальнейших исследований и совершенствования методов расчета.

Литература:

1. Перемутьер А.В. *Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций.* – М.: Изд. Ассоциация строительных вузов, 2010. – 120 с.
2. Масленников А.М. *Оценка конструктивной безопасности при динамическом воздействии* Текст. Сб. докл. 66-ой научной конф. СПбГАСУ. – СПб.: СПбГАСУ, 2009. – С. 55-60.
3. Амосов А.А., Синицин С.Б. *Основы теории сейсмостойкости сооружений.* – М.: АСВ, 2010. – 200 с.
4. Симбиркин В.Н., Панасенко Ю.В. *Упрощенный нелинейный динамический расчет сооружений при сейсмических воздействиях // Строительная механика и расчет сооружений.* – М., 2017. – № 5 (274). – С. 32–36.
5. Трекин Н.Н., Кодыш Э.Н., Терехов И.А., Шмаков С.Д. *Классификация сооружений промышленных предприятий по возможности защиты от прогрессирующего обрушения // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал.* – Астрахань: ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. – №1 (47). – С. 15-20.
6. Рутман Ю.Л., Островская Н.В. *Динамика сооружений: сейсмостойкость, сейсмозащита, ветровые нагрузки: моногр.;* СПбГАСУ. – СПб., 2019. – 253 с.
7. Колотовичев Ю.А., Каракозов А.И. *Основы динамики сооружений. [Электронный ресурс].* — СПб.: Научное издание технологий, 2023. — 206 с.

Әлімбай А., магистрант, Халықаралық Көліктік-Гуманитарлық Университеті
Мурзалина Г.Б., т.ғ.к., М. Тынышбаев атындағы АЛТ университеті
Жұман А., инженер-сарапшы, «PT.LONGYUAN PETROTECH» ЖШС

ҒИМАРАТТАРДЫҢ ІЛМЕЛІ ЖЕЛДЕТІЛЕТІН ҚАБЫРҒАЛАРЫНЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН БАСҚАРУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҰЗАҚ МЕРЗІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ ӘДІСТЕМЕЛІК ТӘСІЛДЕРІН ЖЕТІЛДІРУ

Бұл мақалада ғимараттардың құрылымдық шешімдеріндегі қасбеттік жүйелердің рөлі мен маңызын бағалау және табиғи-климаттық пен техногендік факторлардың әсеріне байланысты оларды кеңінен қолданудың тиімділігі қарастырылады.

Түйін сөздер: ілмелі желдетілетін қасбеттер, ұзақ мерзімділік, конструкциялардың сенімділігі, көпқабатты қоршау конструкциялары, материалдардың тозуы, істен шығу ықтималдығы, техникалық жай-күй, ғимараттардың энергия тиімділігі, климаттық әсерлер, сапаны басқару.

В данной статье рассматриваются оценка роли и значения фасадных систем в конструктивных решениях зданий и целесообразность их массового применения в условиях воздействия природно-климатических и техногенных факторов.

Ключевые слова: навесные вентилируемые фасады, долговечность, надежность конструкций, многослойные ограждающие конструкции, износ материалов, вероятность отказа, техническое состояние, энергоэффективность зданий, климатические воздействия, управление качеством.

This article examines the assessment of the role and importance of facade systems in the design solutions of buildings and the feasibility of their mass use under the influence of natural, climatic and man-made factors.

Keywords: ventilated facade systems, durability, structural reliability, multilayer envelope structures, material degradation, failure probability, technical condition, building energy efficiency, climatic impacts, quality management.

Соңғы жылдары ғимараттарды әрлеудің ең тиімді технологиясы ретінде ауалық саңылауы бар ілмелі желдетілетін қасбеттерді орнату танымал болуда.

Заманауи қасбеттік құрылыс тәсілдері ғимараттың сыртқы келбетін тез әрі үнемді түрде өзгертуге, сондай-ақ олардың пайдалану және дизайнерлік сипаттамаларын жақсартуға мүмкіндік береді.

Алайда, қасбеттер көптеген техногендік және климаттық факторлардан туындайтын артық жүктемелерге ұшырайтындықтан, олардың ұзақ мерзімділігін бағалау мәселесі өзекті болып отыр.

Жұмыстарды орындау технологиясының жиі бұзылуы және сапасының төмендігі желдету саңылауларының бітелуіне, ауаның циркуляциясының бұзылуына және жылу оқшаулау қасиеттерінің төмендеуіне әкеледі. Сондықтан сапаны бақылауды күшейтумен қатар, ілмелі желдетілетін қасбеттердің техникалық жағдайын басқарудың модельдері мен әдістері жүйесі қажет [1].

Елімізде түрлі климаттық және географиялық аймақтарда желдетілетін қасбеттік жүйелерді жобалау, монтаждау және пайдалану тәжірибесі жинақталғанымен, әлі де шешілмеген бірқатар ғылыми-практикалық мәселелер бар.

Сенімділік теориясына сәйкес, берілген конструкцияның әр элементінің немесе қабатының сенімді жұмыс істеу ықтималдықтарының көбейтіндісіне тең барлық жүйенің сенімді жұмыс істеу ықтималдығын бағалау міндеті өзектілігін сақтауда. Яғни, практикада, жүйедегі ретімен қосылған элементтердің бірінің істен шығуы көп қабатты конструкцияның бүкіл жүйенің сенімділігіне әсер етеді (қалыпты пайдалану жағдайын бұзады).

Әртүрлі қабырғалық конструкциялардың ұзақ қызмет ету мерзімі (пайдалану қызмет ету мерзімі) бірқатар факторларға: қолданылатын материалдардың сапасына, нақты климаттық жағдайларға материалдардың сәйкестігіне, монтаждық жұмыстардың технологиясының сақталуына және сапалы орындалуына, сондай-ақ дұрыс пайдалану шарттарының қамтамасыз етілуіне байланысты.

Ғылыми зерттеулерді жүзеге асыру арқылы сапасыз өнімдер мен кәсіби емес орындаушыларды нарықтан ығыстырып, заманауи нормативтік базаны әзірлеу ілмелі қасбеттердің сенімділігін арттырып, олардың жөндеуаралық кезеңдерін ұзартуға мүмкіндік береді.

Көпқабатты қоршау конструкцияларының ұзақ мерзімділігі – әрбір материалдың және бүкіл құрылымның мүмкін болатын жөндеулерді ескере отырып, шекті күйге дейін жұмысқа жарамдылығын сақтау қасиеті.

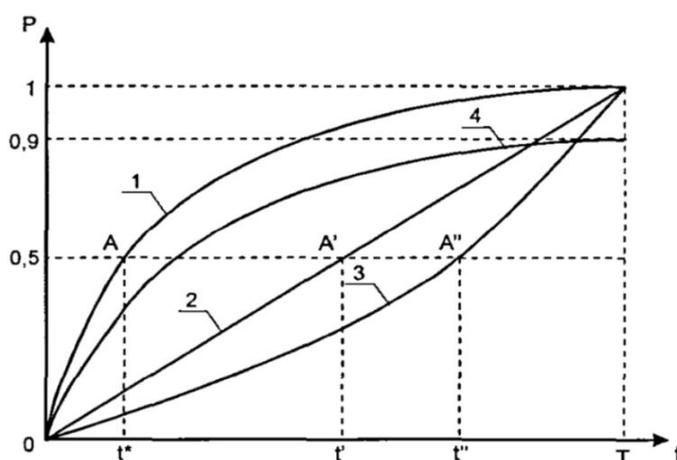
Бүгінгі күні ғимараттардың құрылыс конструкцияларының қызмет ету мерзімі жобалау кезінде іс жүзінде бағаланбайды. Энергетикалық тиімділік мәселесіне көбірек көңіл бөлінеді, ал олардың тығыз байланысы ғимараттың экономикалық тиімділігін анықтайды.

Қазіргі уақытта ғимараттардың жылу қорғау талаптары 2-3 есе арттырылса да, ұзақ мерзімділік талаптары нормативтік құжаттамадан алынып тасталған.

Тозу – материалдардың пайдалану қасиеттерінің нашарлау уақытымен сипатталады және ықтималдылық сипатына ие болады.

Қоршау конструкциясының әр материалының тозуын q дәрежелі параболалық теңдеумен сипаттауға болатын ықтималдылықпен сипаттау ұсынылды (1-сур.) [2]:

$$P(t) = \frac{1}{T^q} t^q, \quad (1)$$



1-сурет – Көп қабатты қоршау конструкциялары элементтерінің тозу ықтималдығы

1-ші қисық сызықтағы А нүктесі, t^* уақыты кезінде, тозу $P = 0,5$ ықтималдылықпен Т қызмет ету мерзімі ішінде жоспарланған ресурстың 50% құрайды.

А', А" нүктелері жоспарланған Т кезеңінде тозудың 50% t' және t'' уақытында болатынын көрсетеді (2, 3 қисық сызықтар).

Т қызмет ету мерзімі соңында $P = 1$ ықтималдылықпен толық тозу күтіледі (1,2,3 қисық сызықтар). 4-қисық сызыққа сәйкес, Т кезеңінің соңында материалдардың тозуы ықтималдығы $P = 0,9$ болуы мүмкін.

Осылайша, көп қабатты қоршау конструкциялары элементтерінің ұзақ мерзімділігін олардың жұмысқа жарамдылық мерзімімен және тозу ықтималдығына кері ықтималдықпен сипаттауға болады.

Конструкциялар мен материалдардың тозуының шектік мәндерін бере отырып, олардың ұзақ мерзімділігін анықтауға болады.

Конструкциялардың параметрлерінің шекті мәндерін есептеудің қазіргі заманғы әдістерінің бірі – жобалаудың ықтималдық әдісі. ЕО елдерінде соңғы 10-15 жылдарда ықтималдық модельдеу стандарты қолданылуда. Бұл жобаларды ықтималдық бағалау және жасау үшін модельдер мен рәсімдердің кешені болып табылатын құжат. Ықтималдық модельдеу әдісі физикалық немесе статистикалық деректер жеткіліксіз болған жағдайда қолданылады. Шешімнің бірегейлігі сарапшылық бағалау әдісін қолданумен сарапшылардың келісімімен жүзеге асырылады. Бұл стандартта негізгі назар уақыт және кеңістік бойынша күштердің, материалдардың параметрлерінің және геометриялық параметрлердің статистикалық модельдеуіне аударылған.

Энергетикалық тиімділік ғимаратты жобалау кезеңінде анықталып, жылу техникалық есептеулермен негізделеді.

Құрылыс кезеңінде ол жылу оқшаулау материалдарының ауыстырылуына, технологиялық бұзушылықтарға және жұмыстардың сапасының төмендеуіне байланысты төмендеуі мүмкін.

Пайдалану кезеңінде жүйелі техникалық бақылаудың болмауына байланысты энергия тиімділігі азаяды.

Сондықтан, көпқабатты қоршау конструкцияларының техникалық жағдайын бағалау және ғимараттардың жылу қорғауын қамтамасыз ететін басқару әдістерін таңдау өзекті мәселе болып табылады [3].

Әдебиеттер:

1. Бабков В.В. О надежности и долговечности навесных фасадных систем // Строительные материалы. – 2007. – №7. – С. 24-26.
2. Воробьев В.С. Организационно-технологические решения монтажа фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором // Актуальные проблемы Транссиба на современном этапе: Сб. научн. практ. конф. – Новосибирск, 2007. – С. 305-306.
3. Александровский С.В. Долговечность ограждающих конструкций. – М.: НИИСФ РААСН, 2004. – 333 с.

Есмагулов Б.М., магистрант, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Кудайбергенов Н.Б., д.т.н., профессор, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ НА РАСТЯЖЕНИЕ СОГЛАСНО ГОСТ 1497 И EN 10002-1

В данной статье представлен всесторонний сравнительный анализ методов испытаний сталей на растяжение в соответствии с требованиями ГОСТ 1497 и EN 10002-1. Рассматриваются особенности применяемого оборудования, методы обработки результатов, подходы к определению модуля упругости, а также современные технологические решения в области тестирования строительных сталей. Особое внимание уделяется различиям в регламентации и применении данных стандартов, что позволяет выявить их преимущества и ограничения в контексте производственных предприятий и научных исследований.

Ключевые слова: испытания на растяжение, строительные стали, ГОСТ 1497, EN 10002-1, модуль упругости, диаграмма напряжение–деформация, экстензометр, методы испытаний, обработка результатов, стандартизация.

Мақалада МемСТ 1497 мен EN 10002-1 стандарттарына сәйкес металдардың созылу сынақтарының әдістері салыстырылып, олардың ерекшеліктері, артықшылықтары мен шектеулері талданды. Әрбір стандарттың техникалық талаптары, құрал-жабдықтарға қойылатын талаптар, нәтижелерді өңдеу әдістері мен статистикалық өңдеудің маңызы көрсетілді. МемСТ стандарттары, әсіресе ТМД елдерінде жоғары дәлдік пен сенімділікке назар аударса, EN стандарты халықаралық нарықтарға бейімделген автоматтандырылған жүйелерді қолдануға басымдық береді. Осылайша, екі стандарттың арасындағы айырмашылықтар кәсіпорындар мен ғылыми зерттеулер үшін тиімділікті арттыру мақсатында ескерілетін маңызды аспектілер болып табылады.

Түйін сөздер: созуға сынау, құрылыс болаттары, МемСТ 1497, EN 10002-1, серпімділік модулі, кернеу–деформация диаграммасы, экстензометр, сынау әдістері, нәтижелерді өңдеу, стандарттау.

This paper presents a comprehensive comparative analysis of the methods for tensile testing of metals according to the requirements of ГОСТ 1497 and EN 10002-1. The study focuses on the characteristics of the equipment used, methods for processing results, approaches to determining the modulus of elasticity, and modern technological solutions in testing metallic materials. Particular attention is given to the differences in regulations and application of the methods, allowing the identification of their advantages and limitations for both industrial enterprises and scientific research. The paper concludes that ГОСТ 1497 ensures greater precision and reliability in the context of CIS countries, while EN 10002-1 is better suited for global practices, offering flexibility and integration with automated systems.

Keywords: tensile testing, structural steels, GOST 1497, EN 10002-1, modulus of elasticity, stress–strain diagram, extensometer, testing methods, data processing, standardization.

Введение

Испытания на растяжение являются основным методом для определения механических свойств строительных сталей, включая прочностные характеристики, модуль упругости и пластические деформации. На международном уровне два стандарта, EN 10002-1 и ГОСТ 1497, регулируют методы проведения данных испытаний. Однако между данными стандартами существуют различия, которые создают определенные вызовы для предприятий, работающих как на внутреннем, так и на международном рынках. Цель настоящей работы заключается в проведении комплексного анализа различий и сходств между ГОСТ 1497 и EN 10002-1 с акцентом на требования к оборудованию, методы испытаний и обработку результатов.

Методы определения модуля упругости

В ГОСТ 1497 предусмотрено три метода определения модуля упругости:

- расчетный метод с нагружением ступенями;
- графический анализ начального участка диаграммы напряжение-деформация;
- линейная регрессия методом наименьших квадратов.

Для использования метода линейной регрессии необходимо обеспечить коэффициент детерминации, что добавляет математическую строгость и объективность в оценку результатов. Данные методы требуют более глубокой проработки и соблюдения конкретных алгоритмов, что повышает точность получения данных, но делает процесс более трудоемким.

В EN 10002-1 основной метод определения модуля упругости заключается в анализе упругой области диаграммы напряжение-деформация с использованием автоматизированных систем, что позволяет получать результаты более оперативно. Стандарт не предъявляет строгих требований к коэффициенту детерминации, что даёт возможность для вариативности в подходах.

Таким образом, ГОСТ предлагает более структурированные и математически обоснованные методы, тогда как EN предоставляет большую гибкость и возможность использования автоматизации.

Требования к оборудованию

ГОСТ 1497 требует, чтобы испытательные машины соответствовали ГОСТ 28840 с допустимой относительной погрешностью измерения усилия не более 1 процента. Экстензометры должны классифицироваться по точности в пределах классов 0,2; 0,5; 1,0; 2,0 при этом для определения модуля упругости рекомендуется использовать экстензометры класса 0,2-1. Кроме того, ГОСТ предусматривает обязательную прослеживаемость измерений к государственным эталонам, что обеспечивает высокий уровень точности и надежности в условиях сертификации.

В отличие от ГОСТ, EN 10002-1 ориентируется на использование автоматизированных систем с программным управлением, что способствует более высокой гибкости в процессе проведения испытаний, включая контроль скорости деформации. Калибровка оборудования в рамках EN менее детализирована, однако предполагает соответствие международным стандартам, таким как ISO

7500-1. Стандарт EN допускает использование цифровых экстензометров с возможностью обработки данных в реальном времени, что упрощает процесс анализа и повышает скорость получения результатов.

Таким образом, ГОСТ 1497 ставит более жесткие требования к точности и прослеживаемости, в то время как EN 10002-1 акцентирует внимание на автоматизации и гибкости системы.

Обработка результатов и округление

ГОСТ 1497 устанавливает четкие правила округления для каждой характеристики, что делает процесс обработки данных простым и однозначным. Например, напряжения округляются до целых чисел, а относительное удлинение — до 0,1% при значениях, не превышающих 10%. Также в ГОСТ рекомендуется учитывать неопределенности измерений, хотя для сертификации это не является обязательным.

EN 10002-1 предполагает более детализированную статистическую обработку данных, включая оценку погрешностей через стандартное отклонение и доверительные интервалы. Округление значений зависит от требований конечного отчета и соответствует стандартам ISO 80000. Это позволяет повысить прозрачность и воспроизводимость результатов, однако делает процесс более сложным и требует дополнительных вычислительных ресурсов.

Таким образом, ГОСТ ориентирован на упрощение обработки результатов с минимальными затратами, тогда как EN ориентирован на повышение точности и достоверности с помощью статистических методов.

Современные технологии

В ГОСТ 1497 допускается использование машин с программным управлением, однако с условием проверки алгоритмов, что может ограничивать возможности для быстрой адаптации новых технологий. Рекомендуется также использовать методы компенсации податливости оборудования для повышения точности измерений.

EN 10002-1 активно поощряет использование цифровых систем для построения диаграмм и анализа данных, включая рекомендации по применению датчиков деформации с обратной связью, что способствует высокой автоматизации и интеграции с современными технологиями.

Таким образом, EN 10002-1 более адаптирован к цифровизации и современным тенденциям в области технологий испытаний, в то время как ГОСТ сохраняет баланс между традиционными методами и новыми технологическими решениями.

Терминология и обозначения

ГОСТ 1497 содержит подробное описание терминов, таких как предел пропорциональности и физический/условный пределы текучести, а также обеспечивает соответствие терминов ISO 6892-1, что способствует гармонизации с международными стандартами при сохранении национальных особенностей.

EN 10002-1 использует международную терминологию ISO, что делает его стандарты более универсальными и применимыми в глобальной практике. Однако этот подход менее фокусирован на локализации терминов.

Таблица 1 — Термины и условные обозначения (1), (2)

| ГОСТ 1497 | | | EN 10002-1 | | |
|--------------------------|---|----------------------------|-------------------------------|---|-----------------------------------|
| Условное обозначение | Наименование термина | Единица измерения величины | Условное обозначение (Symbol) | Наименование термина (Designation) | Единица измерения величины (Unit) |
| l | Рабочая длина образца | мм | L _c | Parallel length | mm |
| l ₀ | Начальная расчетная длина образца | мм | L ₀ | Original gauge length | mm |
| l _k | Конечная расчетная длина образца после разрыва | мм | L _u | Final gauge length after fracture | mm |
| d ₀ | Начальный диаметр образца | мм | d ₀ | Original diameter of the parallel length of a circular test piece, or diameter of round wire or internal diameter of a tube | mm |
| a ₀ | Начальная толщина образца | мм | a ₀ | Original thickness of a flat test piece or wall thickness of a tube | mm |
| b ₀ | Начальная ширина образца | мм | b ₀ | Original width of the parallel length of a flat test piece or average width of the longitudinal strip taken from a tube or width of flat wire | mm |
| F ₀ | Начальная площадь поперечного сечения образца | мм ² | S ₀ | Original cross-sectional area of the parallel length | mm ² |
| F _k | Площадь поперечного сечения образца после разрыва | мм ² | S _u | Minimum cross-sectional area after fracture | mm ² |
| l _c | База экстензометра | мм | L _c | Extensometer gauge length | mm |
| Характеристики прочности | | | | | |
| σ | Напряжение | Н/мм ² | R | Stress | MPa* |
| E | Модуль упругости | Н/мм ² | E | Modulus of elasticity | GPa** |
| σ _{TH} | Нижний физический предел текучести | Н/мм ² | R _{eL} | Lower yield strength | MPa* |
| σ _{ТВ} | Верхний физический предел текучести | Н/мм ² | R _{eH} | Upper yield strength | MPa* |
| σ _{0,2} | Условный предел текучести с допуском на величину пластической деформации при нагрузке | Н/мм ² | R _p | Proof strength, plastic extension | MPa* |

Рекомендации

1. Разработать переходные методики, объединяющие требования ГОСТ и EN, для предприятий, ориентированных как на внутренний, так и на внешний рынок.
2. Внедрить автоматизированные системы анализа данных в испытательные процессы по ГОСТ для повышения точности и конкурентоспособности.
3. Организовать обучающие семинары для специалистов, направленные на углубленное изучение стандартов испытаний строительных сталей.

Выводы

1. ГОСТ 1497 предъявляет более строгие требования к оборудованию и точности измерений, что обеспечивает высокую надежность испытаний в СНГ.
2. EN 10002-1 лучше соответствует международным практикам, что делает его предпочтительным для экспортноориентированных компаний.
3. ГОСТ направлен на упрощение и снижение затрат, тогда как EN предлагает более гибкие и адаптивные методы испытаний для различных производственных задач.

Литература:

1. *ГОСТ 1497:2019 Металлы. Методы испытаний на растяжение.*
2. *EN 10002-1:2001 Metallic materials – Tensile testing – Part 1: Method of test at ambient temperature.*
3. *ISO 6892-1:2019. Metallic materials — Tensile testing — Part 1: Method of test at room temperature.*
4. *ISO 7500-1:2018. Metallic materials — Calibration and verification of static uniaxial testing machines.*

УДК 624

Құтымова А.Ә., ст. гр. РПЗС 22-3 МОК (КазГАСА)
Касымова Г.Т., к.т.н., ассоц. проф. МОК (КазГАСА)

РАСЧЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ НА ПРОЧНОСТЬ РАЗНЫМИ МЕТОДАМИ

В данной студенческой научно-исследовательской работе разными методами была рассчитана на прочность стальная и деревянная балка с конструктивными изменениями. Показано напряженно-деформированное состояние балки при варьировании материалов и внешних нагрузок.

Ключевые слова: *расчет на прочность, статическая и динамическая нагрузка, двухопорная балка, стальные и деревянные конструкции, двутавр, швеллер, напряжения, перемещения, динамический коэффициент, Лира-САПР.*

Студенттің бұл ғылыми-зерттеу жұмысында құрылымдық өзгерістер енгізе отырып, болат пен ағаш арқалықтың беріктігі әртүрлі әдістермен есептелді. Материалдар мен сыртқы жүктемелер өзгергендегі арқалықтың кернеулі деформациялық күйі көрсетілген.

Түйін сөздер: беріктікке есептеу, статикалық және динамикалық жүктеме, екі тіректі арқалық, болат және ағаш конструкциялар, қоставр, швеллер, кернеулер, орын ауыстырулар, динамикалық коэффициент, Лира-САПР.

In this student research paper, the strength of steel and wooden beams was calculated using various methods, while introducing structural changes. The stress-strain state of the beam was shown when the materials and external loads changed.

Keywords: strength calculation, static and dynamic loads, simply supported beam, steel and timber structures, I-beam, channel section, stresses, displacements, dynamic factor, LIRA-SAPR.

Расчет на прочность является одним из ключевых этапов в проектировании и строительстве конструкций. Он обеспечивает безопасность, долговечность и экономичность зданий и сооружений. В современном строительстве используются различные материалы, включая сталь и дерево, каждый из которых имеет свои физические особенности и требования к расчету.

Стальные элементы конструкции, с поперечными сечениями в виде двутавра и швеллера, широко применяются в строительстве благодаря своей прочности и надежности. На практике при расчете на прочность необходимо учитывать не только статические, но и динамические нагрузки, которые могут существенно влиять на поведение конструкции.

Деревянные конструкции, несмотря на меньшую прочность по сравнению со сталью, также находят широкое применение в строительстве, особенно в малоэтажном и деревянном домостроении. Для них особенно важно учитывать динамические воздействия, поскольку дерево более чувствительно к ударным нагрузкам.

В этой студенческой научной работе применены следующие методы расчета на прочность для стальных и деревянных конструкций – аналитические и численные расчеты, получены результаты на ПК Лира-САПР.

Рассмотрена часто применяемая на практике двухопорная балка под статической и динамической нагрузками, с различными закреплениями. Применены вышеперечисленные методы расчетов, получены результаты для различных случаев загрузки и закрепления балки. Сравнивая и анализируя полученные результаты сделаны выводы и даны рекомендации по решению этих задач.

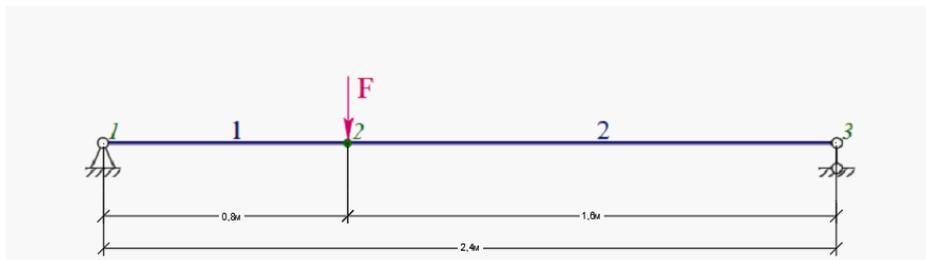
1-случай. Рассчитываем статически определимую двухопорную балку загруженной статической нагрузкой (*рис.1а*), с поперечными сечениями: а) №18 двутавр, площадь сечений $23,4 \text{ см}^2$, №20 швеллер, площадь сечений $23,4 \text{ см}^2$; б) деревянная балка с поперечными сечениями: круг с диаметром $d=5,5 \text{ см}$, площадь сечений $23,7 \text{ см}^2$; прямоугольник с размерами $7 \times 3,3 \text{ см}$, площадь сечений $23,7 \text{ см}^2$ из сосны.

Стальную балку загружаем сосредоточенной силой 20 кН , а деревянную балку 2 кН .

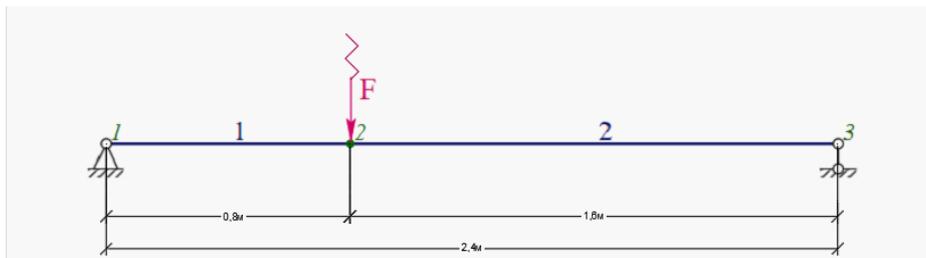
2-случай. Эта же балка загружена динамической нагрузкой (*рис.1б*) Динамические нагрузки по сравнению статической могут вызывать более высокие напряжения в конструкции. По этой причине снизим нагрузку до 5 кН для стали, и $0,1 \text{ кН}$ для сосны.

3-случай. Статически неопределимая балка с динамической нагрузкой (рис.1в).

а)



б)



в)

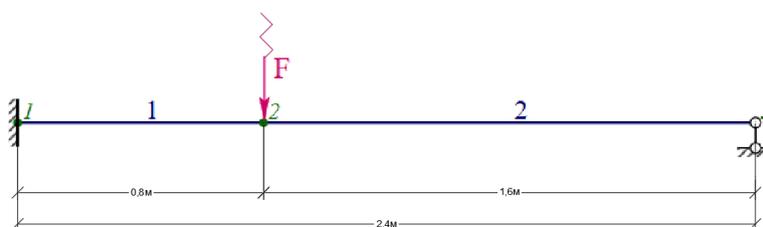


Рисунок 1 – а) 1-случай; б) 2-случай; в) 3-случай.

По всем задачам сделан аналитический расчет, определены внутренние силы, нормальные напряжения и максимальное перемещение [1].

По результатам расчета при разных нагружениях и закреплениях в соответствующих сечениях балки получены результаты.

Найденные максимальные изгибающие моменты в балке (рис.1а) в точке приложения нагрузки:

$$M_{max} \approx 10,67 \text{ кНм, при нагрузке } 20 \text{ кН;}$$

$$M_{max} \approx 1,0664 \text{ кНм, при нагрузке } 2 \text{ кН.}$$

Из сортамента выбраны моменты сопротивления для №18 двутавра $W_x = 143 \text{ см}^3$ и для №20 швеллера $W_x = 152 \text{ см}^3$.

Для круглого и прямоугольного сечения моменты сопротивления определены по следующим формулам:

$$W = \pi d^3 / 32 \approx 17,3 \text{ см}^3;$$

$$W = b \cdot h^2 / 6 \approx 25,5 \text{ см}^3.$$

Определены нормальные напряжения при изгибе балки:

$$\sigma = M_{max} / W_x \approx 74,6 \text{ МПа для } \text{№18 двутавра;}$$

$$\sigma = M_{max} / W_x \approx 70,2 \text{ МПа для } \text{№20 швеллера;}$$

$$\sigma = M_{max} / W_x \approx 6,16 \text{ МПа для круглого сечения;}$$

$$\sigma = M_{max} / W_x \approx 4,18 \text{ МПа для прямоугольного сечения.}$$

Проверяем на прочность для различных способов закрепления и нагружения балки.

1. Стальная балка с допустимым напряжением $[\sigma]=160$ МПа:

А) Сечение в виде №18 двутавра – 74,6 МПа <160 МПа.

Б) Сечение в виде №20 швеллера – 70,2 МПа <160 МПа.

2. Сосновая балка с допустимым напряжением 10-15 МПа:

А) Балка с круглым сечением – 6,16 МПа <15 МПа.

Б) Балка с прямоугольным сечением – 4,18 МПа <15 МПа.

Во всех случаях условие прочности выполняется.

Таким же образом провели расчет динамически нагруженной балки, где учитывали динамический коэффициент k_d , определяемый по формуле:

$$k_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{\Delta_{ст}}}$$

Используя расчетную программу «Лира-САПР», получены эпюры внутренних сил, определены перемещения. Полученные данные показывают, что результаты аналитического и численного методов расчета не сильно отличаются (рис. 2-4) [2].

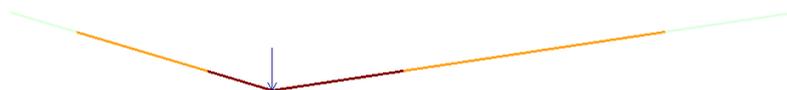
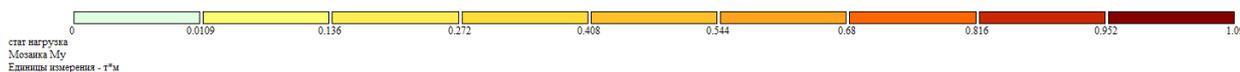


Рисунок 2 – Эпюра изгибающего момента М стальной балки.

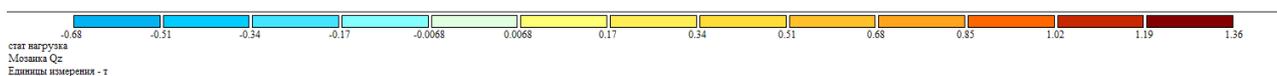


Рисунок 3 – Эпюра поперечной силы Q стальной балки.

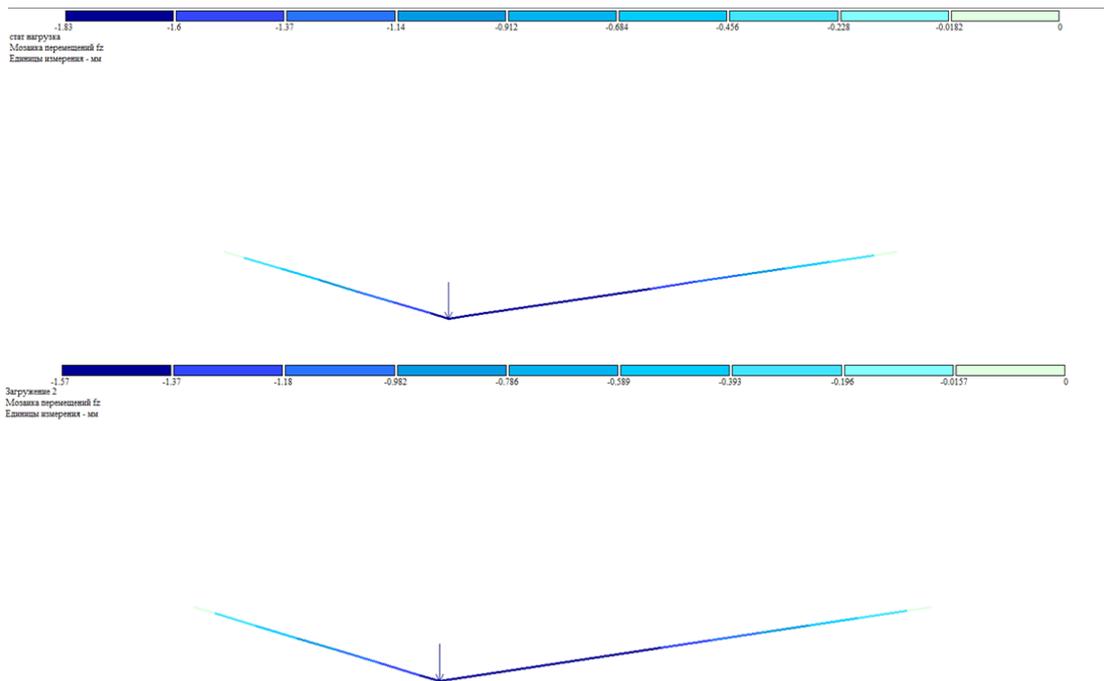


Рисунок 4 – Перемещения в балках с поперечными сечениями №18 двутавра и №20 швеллера.

Выбор материала конструкции в строительстве играет очень важную роль, так как физико-механические свойства материалов влияют на несущую способность конструкций.

При сравнительном анализе полученных результатов (рис. 5-6), мы еще раз убедились, что нами выбранная стальная балка по сравнению с деревянной обладает высокой прочностью и жесткостью, что позволяет выдерживать значительную статическую и динамическую нагрузки [3]. Основным недостатком стальной балки – высокая стоимость.

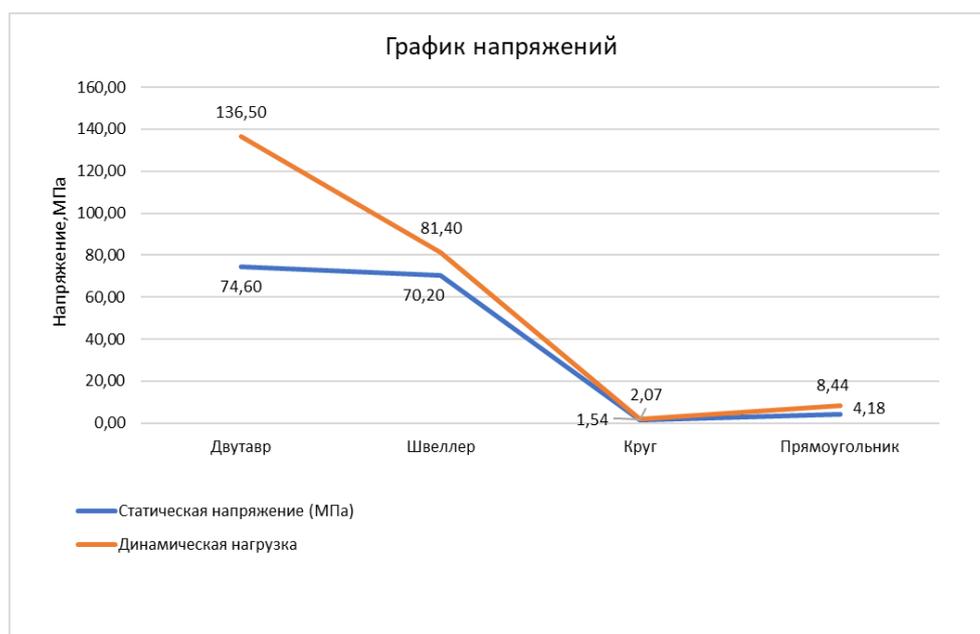


Рисунок 5 – Сравнительный анализ напряжений.

Деревянные балки выигрывают в экономичности, экологичности и простоте монтажа. Однако они уступают стальным по прочности, хуже переносят динамические воздействия и требуют дополнительного усиления при сложных нагрузках.

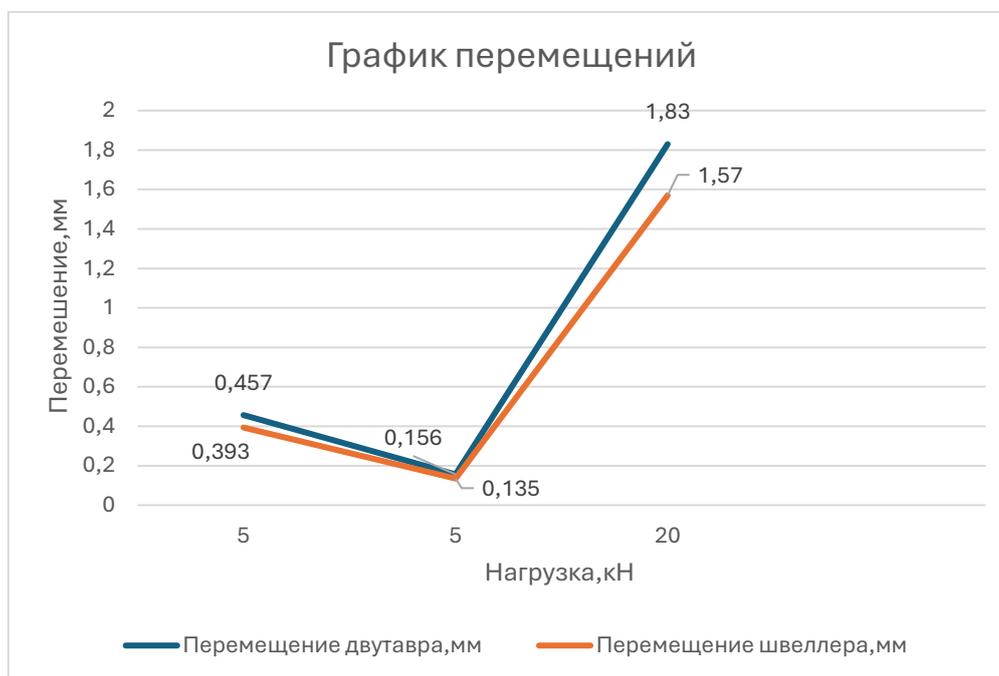


Рисунок 6 – Сравнительный анализ размещений.

Из полученных данных можно сделать следующие выводы.

- Замечено, что в статически определимой балке, подверженной динамической нагрузке, внутренние силы увеличиваются по сравнению со статической нагрузкой.

- Видно, что прочность статически неопределимой балки увеличивается по сравнению со статически определимой балкой.

- Перемещения в точке приложения силы в балках с сечениями двутавра №18 и швеллера № 20 существенно не отличаются.

В заключение можно сказать, что деревянные балки целесообразно применять в небольших проектах сравнительно небольшими нагрузками, где важны экономичность и экологичность, однако при динамических воздействиях требуется особая осторожность и дополнительное усиление конструкции.

Литература:

1. Кусаинов А.А., Достанова С.Х., Полякова И.М. Құрылыстардың динамикасы мен тұрақтылығы: Оқу құралы. – Алматы, 2016. – 265 б.
2. Кусаинов А.А., Полякова И.М., Касымова Г.Т. Учебное пособие по методу конечных элементов для стержневых систем. – Алматы: КазГАСА. Издательский дом «Строительство и архитектура», 2020.
3. Масленников А.М. Основы динамики и устойчивости конструкций. – М.: АСВ, 2000. – С. 201.

Мансур А., ХБК (ҚазБСҚА) РПЗС 23-2 тоб. ст.

Слямбаева А.К., т.ғ.к., ХБК (ҚазБСҚА) қауымд. проф.

МЕХАНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТІНІҢ РӨЛІ ЖӘНЕ ӘСЕРІ

Бұл мақалада механикалық жүйелердегі жасанды интеллекттің рөлі мен әсері қарастырылады. Жасанды интеллектті қолдану өндіріс пен робототехникада жаңа мүмкіндіктер туғызады, жүйелердің тиімділігін арттырады және күрделі мәселелерді шешуді жеңілдетеді. Жасанды интеллект көмегімен автоматтандыру деңгейі жоғарылайды және жүйелер өздігінен жұмыс істей алатын күйге келеді. Мақалада осы технологияның негізгі артықшылықтары және оның болашақта болуы мүмкін салдары талқыланады.

Түйін сөздер: жасанды интеллект, механикалық жүйелер, автоматтандыру, робототехника, автономды көліктер, деректерді өңдеу, бейімделу, өнімділік, қауіпсіздік, өндіріс.

В этой статье рассматривается роль и влияние искусственного интеллекта в механических системах. Применение искусственного интеллекта создает новые возможности в производстве и робототехнике, повышает эффективность систем и облегчает решение сложных задач. С помощью искусственного интеллекта уровень автоматизации повышается, и системы приходят в состояние, в котором они могут работать самостоятельно. В статье обсуждаются основные преимущества этой технологии и ее возможные последствия в будущем.

Ключевые слова: искусственный интеллект, механические системы, автоматизация, робототехника, автономные транспортные средства, обработка данных, адаптация, производительность, безопасность, промышленность.

This article discusses the role and impact of artificial intelligence in mechanical systems. The application of artificial intelligence opens new possibilities in production and robotics, increasing the efficiency of systems and simplifying the resolution of complex tasks. With the use of artificial intelligence, the level of automation increases, and systems can function autonomously. The article examines the main advantages of this technology and its potential future impact.

Keywords: artificial intelligence, mechanical systems, automation, robotics, autonomous vehicles, data processing, adaptability, productivity, safety, manufacturing.

Кіріспе

Жасанды интеллект (ЖИ) қазіргі заманғы механикалық жүйелерде маңызды рөл атқаруда. Бұл технологиялардың дамуы өндірістік процестерді автоматтандыруға, жүйелердің тиімділігін арттыруға және жұмыс орындарын жаңғыртуға мүмкіндік береді. Механикалық жүйелерде ЖИ қолдану жүйелерді басқаруды жеңілдетіп, өнімділікті жоғарылатады [1].

Жасанды интеллектінің механикалық жүйелердегі рөлі

Жасанды интеллектінің механикалық жүйелерде қолданылуының бірнеше негізгі аспектілері бар:

- **Деректерді өңдеу:** ЖИ үлкен деректерді өңдеп, оңтайлы шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді. Бұл жүйелердің басқару қабілетін айтарлықтай жақсартады.

- **Адаптация:** жасанды интеллекті жүйелерінің бейімделу қабілеті жоғары, ол өзгерістерге жылдам жауап беріп, өз жұмысын тиімді атқара алады.

- **Өнімділік:** жасанды интеллект өнімділікті арттырып, энергия шығындарын азайтуға ықпал етеді.

Жасанды интеллектінің әсері

Жасанды интеллектінің механикалық жүйелерге ықпалы бірнеше салада байқалады:

- **Жұмыс орындары:** автоматтандыру еңбек өнімділігін арттырады, бірақ кейбір жұмыстар автоматты жүйелермен ауысады.

- **Қауіпсіздік:** жасанды интеллект адамның қателіктерін болдырмай, өндіріс қауіпсіздігін арттырады.

- **Экономика:** өндірістік шығындар азайып, өнім сапасы жақсарады [2].

Қолданылатын салалар

Жасанды интеллект механикалық жүйелерде келесі салаларда кеңінен қолданылып келеді:

- **Робототехника:** өндірістік процестерде, әсіресе қауіпті жағдайларда жұмыс істейтін роботтар ЖИ арқылы басқарылып, адам еңбегін алмастырады.



1-сурет – Роботтар

- **Автономды көліктер:** жасанды интеллект көлік саласында революциялық өзгерістерге алып келеді, автономды көліктер жол қозғалысын өздігінен бақылай алады.

- **Өндіріс:** автоматтандырылған өндіріс желілерінде ЖИ өндіріс процесін жеңілдетіп, тиімділікті арттырады.



2-сурет – Жасанды интеллектінің дамуы

Жасанды интеллектінің даму болашағы

Жасанды интеллектінің дамуы механикалық жүйелердің жұмысын одан әрі жетілдіруге мүмкіндік береді. Болашақта ЖИ өзін-өзі үйрететін және бейімделетін жүйелерді құруға мүмкіндік береді, бұл жүйелердің жаңа жағдайларда тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз етеді [3].

Қорытынды

Жасанды интеллект механикалық жүйелердің тиімділігін арттырып, жаңа мүмкіндіктер туғызуда. Бұл технологияның дамуы өндірістің автоматтандырылуы мен робототехниканың қарқынды дамуына ықпал етеді. Алайда, оның қолданылуы әлеуметтік және этикалық мәселелерді туғызады, сондықтан оның дамуын бақылау қажет.

Интернет-дереккөздері:

1. <https://informburo.kz/kaz/zhasandy-intellekt-degen-ne-zhne-ony-adamzata-aup-anday.html>
2. https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-kk.ru.0627b262-67f2a9b2-483c45 e1-74722d776562/https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_intelligence#CITEREFRussellNorvig2021
3. <http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/whatisai.html>.

ӘОЖ 531.24

Мустафин А.Д., ХБК (ҚазБСҚА) РПЗС-23-11 тоб.ст.
Тулегенова О.Е., т.ғ.м., ХБК (ҚазБСҚА) ассист.-проф.

ҚҰРЫЛЫСТАҒЫ АУЫРЛЫҚ ЦЕНТРІНІҢ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫ

Бұл мақалада құрылыстық механикадағы ауырлық центрінің маңыздылығы және оның орнықты имараттарды жобалаудағы рөлі мысал ретінде көпірдің үш өлшемді моделін пайдалана отырып қарастырылады. GeoGebra цифрлық ортасын пайдаланып ауырлық центрін есептеу әдісі талқыланады. Берілген есеп күрделі объектілердің ауырлық центрінің орнын дәл анықтауға мүмкіндік береді, бұл жобалық шешімдерді жақсартуға, құрылыс конструкцияларының тұрақтылығы мен қауіпсіздігін арттыруға көмектеседі. Жобалаудағы ауырлық центрін пайдаланудың негізгі артықшылықтары мен кемшіліктері, сонымен қатар дәл есептеуді қолданудың маңыздылығы қарастырылады.

Түйін сөздер: ауырлық центрі, құрылыс механикасы, көпір моделі, тұрақтылық, тепе-теңдік, GeoGebra, үш өлшемді модель, көлемдік денелер, жүктемені бөлу, конструкцияның сенімділігі.

В статье рассмотрено значение центра тяжести в строительной механике и его роль в проектировании устойчивых конструкций, на примере трехмерной модели моста. Обсуждается метод расчёта центра тяжести с использованием цифровой среды GeoGebra. Приведённый расчёт позволяет точно определить положение центра тяжести сложных объектов, что способствует улучшению проектных решений, повышению устойчивости и безопасности строительных конструкций. Рассмотрены основные преимущества и недостатки использования центра тяжести при проектировании, а также важность применения точных вычислений.

Ключевые слова: центр тяжести, строительная механика, модель моста, устойчивость, равновесие, GeoGebra, трехмерная модель, объемные тела, распределение нагрузок, надежность конструкции.

The article discusses the importance of the center of gravity in structural mechanics and its role in the design of stable structures, using a three-dimensional model of a bridge as an example. The method for calculating the center of gravity using the GeoGebra digital environment is discussed. The calculation provided allows you to accurately determine the position of the center of gravity of complex objects, which helps improve design solutions, increase the stability and safety of building structures. The main advantages and disadvantages of using the center of gravity in design, as well as the importance of using accurate calculations, are considered.

Keywords: center of gravity, structural mechanics, bridge model, stability, equilibrium, GeoGebra, three-dimensional model, solid bodies, load distribution, structural reliability.

1. КІРІСПЕ

Ауырлық центрі – дене бөлшектерінің ауырлық күштерінен құралған параллель күштер жүйесінің центрі [1]. Егер оны материалдық нүкте деп қарастырсақ, ауырлық центрі дененің бүкіл массасы шоғырланған нүктені айтады. Ауырлық центрін анықтау құрылыста маңызды рөл атқарады, өйткені конструкцияның тұрақтылығы мен тепе-теңдігі оның орналасуына байланысты. Инженерлік тәжірибеде бұл параметр күштің дұрыс таралуы, қауіпсіздік пен ұзақ мерзім қызмет ететін көпірлерді, ғимараттарды және басқа имараттарды жобалау кезінде өте маңызды.

ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ

Ауырлық центрінің маңыздылығын құрылыстық механикада көптеген ғалымдар мен мамандар зерттеді. Zhang J., Wang Y., Liu H. зерттеу жұмысы денелердің ауырлық центрі мен массасын өлшеудің дәлдігіне бағытталған. Есептеуде кішігірім қате де конструкцияның ауырлық орталығының ығысуын тудыруы мүмкін екенін атап өтті. Көпірлер сияқты күрделі геометриясы бар нысандар үшін жоғары дәлдікке жету үшін арнайы әдістер мен жабдықтар қажет [2].

Құрылыс тәжірибесінде ауырлық центрін ескеретін заманауи жобалау әдістері белсенді қолданылады. «Современное строительство и архитектура» журналы 3D модельдеу және цифрлық технологиялар құрылыс элементтерінің геометриялық және салмақтық сипаттамаларын дәл есептеуге мүмкіндік беретінін атап көрсетеді. Бұл жобалау кезеңінде ауырлық центрінің әртүрлі позицияларындағы құрылымның мінез-құлқын визуализациялауға және сыртқы жүктемелердің әсерінен оның тұрақтылығын бағалауға мүмкіндік береді [3].

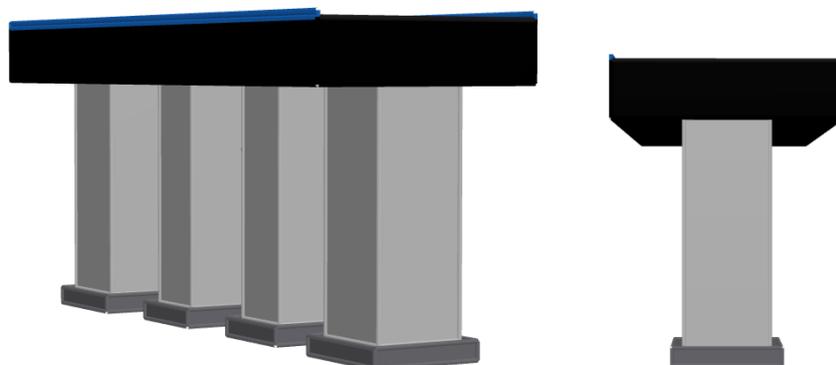
Осы зерттеулерге қосымша, Халықаралық еңбек ұйымының нұсқаулығында баяндалған халықаралық ұсыныстар құрылыс элементтерін тасымалдау, көтеру және орнату кезінде ауырлық центрін есепке алудың маңыздылығын атап көрсетеді. Бұл ережені сақтамау төтенше жағдайларға әкелуі мүмкін, әсіресе үлкен және стандартты емес жүктермен жұмыс істегенде. Нұсқаулық құрылыс-монтаждау жұмыстары кезінде объектілердің ауырлық центрін анықтау бойынша практикалық ұсыныстарды қамтиды [4].

МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Құрылыс конструкцияларын жобалаудың маңызды аспектісі объектілердің тұрақтылығы мен қауіпсіздігіне айтарлықтай әсер ететін ауырлық центрінің орнын дәл анықтау болып табылады. Бұл зерттеу күрделі құрылыс нысанының – көпірдің үш өлшемді моделінің ауырлық центрін анықтауды қарастырады.

Есептеулерді орындау және кеңістіктік модельді құру үшін объектілерді модельдеуге және олардың геометриялық параметрлерін, соның ішінде ауырлық центрін дәл есептеуге мүмкіндік беретін GeoGebra цифрлық ортасы пайдаланылды. Бұл құрал кең визуализация мүмкіндіктерін береді.

Көпірдің ұзындығы 110 м, ені 40 м және биіктігі 50 м. Көпір: жол аралығы, қоршау, тіректерден және іргетастан тұрады (1-сур.).



1-сурет – Көпірдің моделі.

Бұл көпірдің ауырлық центрін есептеу үшін тікбұрышты призмалар сияқты қарапайым көлемді элементтерге бөлу арқылы орындалады. Осы элементтердің әрқайсысының өзінің ауырлық центрі анықталды. Содан кейін кеңістікте орналасқан денелердің жалпы ауырлық центрінің координаттарын анықтайтын формула қолданылады (2-сур.) [1].

$$x_C = \frac{\sum_{i=1}^n V_i x_i}{\sum_{i=1}^n V_i}; \quad y_C = \frac{\sum_{i=1}^n V_i y_i}{\sum_{i=1}^n V_i}, \quad z_C = \frac{\sum_{i=1}^n V_i z_i}{\sum_{i=1}^n V_i},$$

2-сурет – Көлемдік денелердің ауырлық координаттарын есептеуге арналған формула.

Алдымен, бүкіл көпірді қарапайым бөлшектерге бөліп, әрқайсысының көлемін табу қажет.

1. Іргетастың көлемі:

$$V_{\phi 1} = 16 * 16 * 3 = 768 \text{ м}^3$$

$$V_{\phi 2} = 19 * 19 * 3 = 1083 \text{ м}^3$$

2. Тіректердің көлемі:

$$V_{T1} = 12 * 12 * 40 = 5760 \text{ м}^3$$

$$V_{T2} = 15 * 15 * 40 = 9000 \text{ м}^3$$

3. Жол аралығының көлемі:

$$V_{\text{ж}} = 110 * 40 * 10 = 44000\text{м}^3$$

4. Қоршаудың көлемі:

$$V_{\text{қ}} = 110 * 1 * 0,5 = 55\text{м}^3$$

Енді көпірдің ауырлық центрінің координаттарын табу үшін 2-суреттегі формуланы қолдану керек:

$$X_c = \frac{(55 * 44000) + (55 * 55) + (110 * 5760) + (110 * 9000) + (55 * 768) + (55 * 1083)}{44000 + 5760 + 9000 + 768 + 1083} \approx 55$$

$$Y_c = \frac{(20 * 44000) + (20 * 55) + (40 * 5760) + (40 * 9000) + (40 * 768) + (40 * 1083)}{44000 + 5760 + 9000 + 768 + 1083} \approx 20$$

$$Z_c = \frac{(45 * 44000) + (50.5 * 55) + (0 * 5760) + (0 * 9000) + (0 * 768) + (0 * 1083)}{44000 + 5760 + 9000 + 768 + 1083} \approx 28.3$$

Шыққан ауырлық центрінің координаталары(55;20;28.3)

Көпір тіректеріне әсер етіп жатқан салмақты есептеу үшін көпірдің бүкіл массасын тауып алу керек. Көпірді бетоннан жасалған. ($\rho = 2400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$).

$$m = (44000 + 55 + 2 * 5760 + 2 * 9000 + 2 * 768 + 2 * 1083) * \rho = 2400 \\ = 185586800\text{кг}$$

Ауырлық центрінен тіректердің ара қашықтығы алу қажет:

$$O_1 = 45\text{м} = O_4 \quad O_2 = 5\text{м} = O_3$$

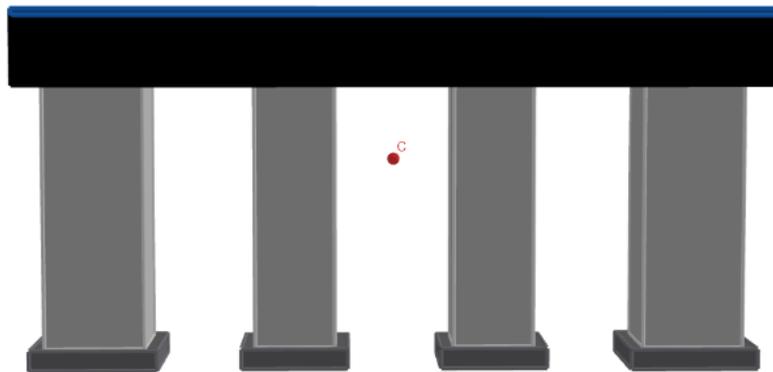
$$L = 45 * 2 + 15 * 2 = 120$$

Осыдан:

$$P_1 = \frac{45}{120} * 185596800 = 69598800\text{кг}$$

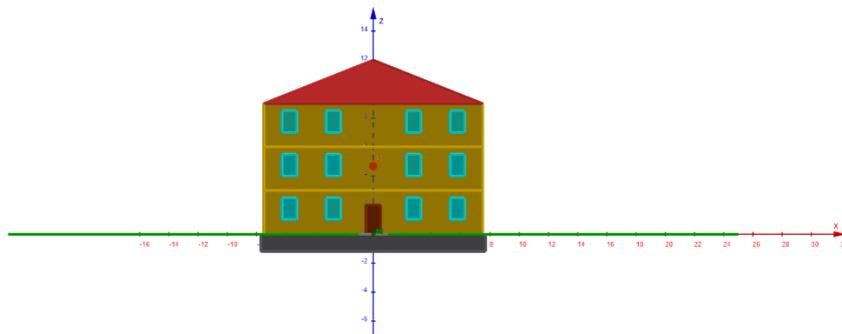
$$P_2 = \frac{15}{120} * 185596800 = 23199600\text{кг}$$

Есептеуде көрсетілгендей, шеткі тіректер көпірдің 75% салмағын көтеріп тұр (3-сур.).



3-сурет – Көпірдегі ауырлық центрінің орналасуы.

2 Мысал ретінде үйді қарастыруға болады (4-сур.).



4-сурет – Geogebra-да жасалған үй.

Үйдің ұзындығы мен ені 15 м, жалпы биіктігі 12 м шатырмен есептегенде. Үйдің іргетасы жерден -1.2м орналасқан.

Үйдің ауырлық центрі көпірдің ауырлық көпірдің ауырлық центрі сияқты табылады. Ол үшін үйді 3 бөлікке бөлу қажет: Шатыр, фундамент және үйдің негізі. Координаттық ось үйдің ортасында орналасқандықтан:

$$X_c = 0 \text{ және } Y_c = 0$$

Шатырдың көлемі:

$$V_{\text{ш}} = \frac{1}{3}Sh = \frac{1}{3} * 225 * 3 = 225\text{м}^3$$

$$V_{\text{үй}} = 9 * 15 * 15 = 2025\text{м}^3$$

$$V_{\text{ирг.}} = 1,2 * 15,4 * 15,4 = 284,592\text{м}^3$$

$$Z_c = \frac{(225 * 10) + (284,592 * (-1,2)) + 4,5 * 2025}{225 + 2025 + 284,592} \approx 4,7$$

Үйдің ауырлық центрі $C(0;0;4.7)$

НӘТИЖЕ МЕН ТАЛҚЫЛАУ

Көпірдің үш өлшемді моделінің ауырлық центрін есептеу оның аралықтың ортасына жақын орналасуын анықтауға мүмкіндік берді. Алынған координаттар – (55; 20; 28.3). Ауырлық центрі көпірдің ортасында орналасқандықтан, ол жерге ең көп күш түседі. Көпірдің қирамас үшін шеткі тіректерді ортасында орналасқан тіректерге қарағанда үлкенрек жасау керек.

Көпірдің ауырлық центрін анықтағанда оның бірқатар маңызды артықшылықтарға ие екенін көрсетті. Бұл:

1. Жобалау кезеңінде конструкцияның тұрақтылығын қамтамасыз ету. Ауырлық центрін дәл анықтау жүктемелерді біркелкі бөлуге мүмкіндік береді, бұл конструкцияның сенімділігі үшін өте маңызды.

2. Әртүрлі жүктемелерге ұшыраған кезде құрылымның әрекетін болжау мүмкіндігі. Ауырлық центрінің орнын түсіну деформацияларға, уақытша және динамикалық әсерлерге конструкцияның жауабын бағалауға мүмкіндік береді.

3. Арқалықтар мен іргетастардың орналасуын оңтайландыру. Ауырлық центрінің нақты орналасуын білу арқалықтар мен іргетастардың орналасуын дұрыс жобалауға көмектеседі.

Ауырлық центрінің артықшылықтарымен қоса кемшіліктері де бар. Ол:

1. Күрделі денелердің центрін дәл анықтаудың қиындығы. Күрделі пішінді нысандар үшін геометриялық есептеулермен және құрылымды элементтерге бөлумен байланысты қиындықтар туындауы мүмкін.

2. Жоғары дәлдікті аспаптар мен арнайы бағдарламалық қамтамасыз етуді пайдалану қажеттілігі. Сенімді нәтижелерді алу сенімді цифрлық орталарда орындалатын дәл модельдеу мен есептеулерді талап етеді.

Осылайша, ауырлық центрін есептеу жобалау кезеңінде жобалық шешімдерді таңдауды негіздеуге ғана емес, сонымен қатар құрылыс алаңының бүкіл қызмет ету мерзімінде қауіпсіз және тиімді жұмысын қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін маңызды процедура болып табылады. Жүргізілген зерттеулер нақты есептеулер мен барлық геометриялық және физикалық сипаттамаларды ескеру ғана инженерлік құрылымдардың жоғары тұрақтылығы мен сенімділігіне қол жеткізуге мүмкіндік беретінін анық көрсетеді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Ауырлық центрі конструкциялардың тұрақтылығы мен қауіпсіздігін анықтайтын негізгі параметр болып табылады. Оны дәл анықтау көпірлерді, ғимараттарды және басқа инженерлік имараттарды жобалауда өте маңызды. Ауырлық центрінің ығысуы күштердің біркелкі таралмауына, ішкі кернеулердің жоғарылауына және төтенше жағдайларда ғимараттар мен имараттардың деформациясымен қоса бұзылуына әкелуі мүмкін.

Әдебиеттер:

1. С.Т. Дүзелбаев *Инженерлік механика 1: оқулық*. – Алматы, 2013. – 576 б.
2. Zhang J., Wang Y., Liu H. *Accuracy Analysis of the Measurement of Centre of Gravity and Mass*. — *Applied Sciences*, 2021.
3. *Современное строительство и архитектура*. — № 5, Май 2023.
4. *Международная организация труда. Проведение инспекций труда в строительстве: практическое руководство*. — Женева: МОТ, 2018.

УДК 577.4

Самаг Ш.Н., ст. гр. СИ-23-5кр, Сатпаев Университет

Достанова С.Х., д.т.н., ассоциированный профессор, Сатпаев Университет

Айтмуханова П., ассоциированный профессор, Сатпаев Университет

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В статье рассматриваются вероятностные методы исследования надежности строительных конструкций, которые позволяют создавать экономичные и надежные сооружения. Описаны три уровня верификации надежности: риск-информированный, основанный

на надежности и полувероятностный подход. Особое внимание уделено расчету надежности железобетонных конструкций, учитывающему случайный характер нагрузок и свойств материалов. Приведены примеры расчетов вероятности отказа конструкций с использованием вероятностных методов. Статья подчеркивает важность применения современных программных комплексов для повышения точности прогнозирования надежности строительных объектов.

Ключевые слова: теория надежности, строительные конструкции, вероятностные методы, риск-ориентированное проектирование, вероятность отказа, метод предельных состояний, железобетонные конструкции, случайные величины, изменчивость нагрузок, индекс надежности.

Мақалада құрылыс конструкцияларының сенімділігін зерттеу ықтималдық әдістері қарастырылады, олар экономикалық және сенімді құрылыстарды жасауға мүмкіндік береді. Сенімділікті тексерудің үш деңгейі сипатталған: тәуекелге негізделген, сенімділікке негізделген және жартылай ықтималдық тәсіл. Темірбетондық конструкциялардың сенімділігін есептеуге ерекше назар аударылған, ол материалдардың кездейсоқ жүктемелері мен қасиеттерін ескереді. Конструкциялардың істен шығу ықтималдығын есептеу мысалдары ықтималдық әдістерін қолдану арқылы келтірілген. Мақалада құрылыс объектілерінің сенімділігін болжау дәлдігін арттыру үшін заманауи бағдарламалық кешендерді қолданудың маңыздылығы атап өтілген.

Түйін сөздер: сенімділік теориясы, құрылыс конструкциялары, ықтималдық әдістер, тәуекелге негізделген жобалау, бас тарту ықтималдығы, шекті күйлер әдісі, темірбетон конструкциялары, кездейсоқ шамалар, жүктемелердің өзгергіштігі, сенімділік индексі.

The article discusses probabilistic methods for studying the reliability of building structures, which enable the creation of economical and reliable constructions. Three levels of reliability verification are described: risk-informed, reliability-based, and semi-probabilistic approaches. Particular attention is given to the calculation of the reliability of reinforced concrete structures, taking into account the random nature of loads and material properties. Examples of calculating the probability of structural failure using probabilistic methods are provided. The article emphasizes the importance of using modern software systems to improve the accuracy of predicting the reliability of construction projects.

Keywords: reliability theory, structural engineering, probabilistic methods, risk-informed design, failure probability, limit state method, reinforced concrete structures, random variables, load variability, reliability index.

Современный уровень научно-технического прогресса позволяет создавать сооружения, обладающие высокой экономичностью и надежностью. Для достижения этой цели служат методы теории надежности. Процесс создания и эксплуатации сооружения включает в себя большое число разнообразных операций, из которых в дальнейшем рассматриваются только те, которые обеспечивают необходимый уровень надежности.

В международных стандартах и стандартах ряда других зарубежных стран в последнее время широко внедряются три уровня верификации надежности [1-4]:

1. Риск-информированный основан на вероятностной оценке надежности при условии учета аспектов безопасности людей, согласно законодательству и нормам проектирования, сумма всех расходов (затраты на строительство, техническое обслуживание и т.д.) и экономические риски (в отношении отказа или неисправности) должны быть сведены к минимуму.

2. Основанный на надежности: конструкция должна соответствовать набору требований к надежности, сформулированных в виде максимально допустимых вероятностей отказа или минимальных значений для уровней надежности.

3. Полувероятностный: конструкция должна удовлетворять набору неравенств, используя определенные расчетные значения основных переменных и частные коэффициенты надежности. Полувероятностный подход, основанный на частных коэффициентах надежности при определении расчетных значений нагрузок, воздействий и сопротивлений материалов, является базовым методом нормирования и применяется при проектировании большинства объектов строительства как в нашей стране, так и за рубежом.

Если в результате проектирования, изготовления и возведения формируется уровень надежности строительной конструкции или строительного объекта в целом, то во время эксплуатации этот уровень реализуется, т.е. проявляется способность объекта выполнять свои функции в течение установленного срока службы, которая и называется «надежностью».

Реализация состояния объекта, при которых он не сможет выполнять свои функции, называется «отказом». Мерой надежности является вероятность безотказной работы за заданный срок службы. Вероятностный подход обусловлен тем, что поведение строительных конструкций в эксплуатации описывается факторами случайной природы, а все прочностные, геометрические и деформационные характеристики конструкции, а также все воздействия на нее представляют собой случайные величины или случайные процессы. Соответствующие уровни надежности достигаются за счет различных затрат на создание конструкции и приводят к неодинаковому числу отказов в процессе эксплуатации и, соответственно, к различным уровням ущерба. Для снижения затрат на создание сооружения следует уменьшить надежность, а для снижения затрат на эксплуатацию необходимо эту надежность повысить. Разумным удовлетворением этих противоречивых требований является некий «целесообразный» уровень надежности, близкий по возможности к практически трудноопределимому «оптимальному» уровню.

Целью проектирования и расчета является создание строительных конструкций с необходимым целесообразным уровнем надежности, т.е. с определенным заданным риском отказа. Одна из основных областей практического применения теории надежности строительных конструкций - совершенствование методов нормирования правил расчета при проектировании и контроле при изготовлении конструкций.

Современные программные комплексы содержат численные методы вычисления вероятности отказа, наиболее ценными качествами которых является простота, отсутствие каких-либо ограничений на характер статистической информации, а также возможность использования реальных данных (экспериментально полученные величины физических и геометрических параметров конструкций и т.п.) без предварительной разработки теоретических моделей случайных факторов, учитываемых в расчете. Это открывает широкие возможности для инженеров по непосредственному применению вероятностных методов в проектировании надежных и экономичных сооружений [5-7].

Любой строительный процесс сопровождается накоплением ошибок, появляющиеся при исследовании грунтового массива, прочностных свойств материалов, при проектировании и расчете, изменением внешних воздействием, при эксплуатации и др. В *табл. 1* показаны вероятности ошибок при проектировании зданий и сооружений в Западной Европе и России. Учет этих и других факторов влияют на надежность, поэтому задача оценки надежности здания сводится, в конечном счете, к установлению влияния частичных и полных отказов на качество и выходной эффект функционирования объекта. Надежность должна характеризоваться таким показателем, который будет определяющим и является составной частью оценки объекта в целом.

Таблица 1 – Вероятности ошибок при проектировании зданий и сооружений

| Событие | Вероятность события | |
|---------------------------------|---------------------|----------------|
| | Западная Европа | Россия |
| А – ошибка архитектора | 0,1 | Не исследовано |
| В – ошибка проектировщика | 0,4 | 0,15-0,2 |
| С – ошибка производителя работ | 0,5 | 0,5-0,6 |
| Д – ошибка контролирующего лица | 0,1 | Не исследовано |
| Е – ошибка при эксплуатации | 0,02 | 0,05 |
| Г – перегрузка | 0,02 | 0,05-0,1 |
| М – слабый материал | 0,02 | 0,2 |

Поведение железобетонных конструкций под нагрузками, начиная от момента изготовления до выхода из строя после определенного времени эксплуатации, обусловлено фундаментальными вероятностными закономерностями. Основными причинами случайного характера процесса деформирования и разрушения конструкции являются идеализация расчетных схем, воздействия нагрузок и окружающей среды, прочностные и деформативные свойства конструкции (*табл. 1*).

К основным причинам вероятностного характера поведения железобетонной конструкции относятся следующие:

- Широкое применение в расчетах железобетонных конструкций идеализированных и упрощенных моделей, в которых могут быть не учтены все действующие факторы вследствие их неопределенности.
- Сложность и неизученность физических процессов, протекающих при изготовлении и эксплуатации железобетонных конструкций.
- Нестабильность свойств материалов и технологических приемов при изготовлении и монтаже железобетонных конструкций.
- Статистический характер изменчивости нагрузок, действующих на конструкцию (ветровое давление, снеговая нагрузка, крановая нагрузка, собственный вес, сейсмическая нагрузка).

Расчет надежности железобетонных конструкций основан на следующих принципах:

- 1) внутренние свойства конструкции, ее несущая способность, действующие нагрузки, климатические условия, определяющие поведение конструкции в эксплуатации, по своей природе случайны и описываются стохастическими закономерностями;

2) нагрузки, прочностные и деформативные свойства железобетонных конструкций не остаются постоянными, они изменяются с течением времени;

3) в железобетонной конструкции с течением времени развиваются повреждения, ухудшающие ее эксплуатационные качества и приводящие к выходу из строя. В расчетах надежности железобетонных конструкций фактор времени, от которого зависят напряженное состояние, прочностные и деформативные свойства конструкции, рекомендуется учитывать в прямом виде.

Современные исследования надежности строительных конструкций активно используют вероятностные методы для оценки и обеспечения их безопасности и долговечности. Эти методы учитывают случайный характер нагрузок, воздействий и свойств материалов, позволяя более точно прогнозировать поведение конструкций в различных условиях эксплуатации.

Метод предельных состояний является одним из ключевых подходов в этой области. Он подразделяет предельные состояния на две группы:

Первая группа: состояния, при которых происходит исчерпание несущей способности конструкции, что может привести к разрушению или потере устойчивости.

Вторая группа: состояния, при которых нарушается нормальная эксплуатация сооружений из-за чрезмерных деформаций или других факторов, не приводящих к непосредственному разрушению, но требующих вмешательства.

Метод предельных состояний учитывает вероятностные свойства нагрузок и сопротивлений, особенности работы различных видов конструкций и пластические свойства материалов, обеспечивая комплексную оценку их надежности. Функцией распределения $F(x)$ называется функция, определяющая вероятность того, что случайная величина X в результате испытаний примет значение меньше x :

$$F(x) = P(X < x),$$

где x — текущая переменная. Функция распределения является самой универсальной характеристикой как для ДСВ (данные случайной величины), так и для НСВ (непрерывная случайная величина). Функция распределения полностью характеризует случайную величину с вероятностной точки зрения, т.е. является одной из форм закона распределения. Функцию распределения иногда называют интегральной функцией распределения. Все случайные величины изменяют по нормальному закону:

Интеграл вероятности Гаусса:

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx$$

Рассмотрим несколько примеров расчета надежности здания по предельному состоянию с использованием вероятностных методов. При расчетах надежности зданий вероятность отказа конструкции определяется:

$$P_f = P(S > R)$$

где: S — случайная величина, характеризующая воздействие (нагрузку).
 R — случайная величина, характеризующая несущую способность.
 P_f — вероятность того, что воздействие превысит несущую способность.

Пример 1: Определение вероятности разрушения балки на изгиб

Условие:

Рассматривается железобетонная балка с пролетом $L=6L$ м, нагруженная равномерно распределенной нагрузкой q .

Случайные параметры:

Сопротивление бетона $R_b \sim N(15,2)$ МПа

Ширина сечения $b \sim N(0.3,0.01)$ м

Высота сечения $h \sim N(0.5,0.02)$ м

Нагрузка $q \sim N(20,5)$ кН/м

Расчет предельного изгибающего момента:

$$M_{Rd} = R_b \cdot b \cdot h^2 / 6$$

$$M_{Ed} = q \cdot L^2 / 8$$

Определение индекса надежности

Индекс надежности рассчитывается как:

$$\beta = \frac{E[R - S]}{\sqrt{D[R] + D[S]}}$$

где $E[R]$ и $E[S]$ — математические ожидания, а $D[R]$ и $D[S]$ — дисперсии.

Математические ожидания:

$$E[R] = E[R_b] \cdot E[b] \cdot E[h]^2 / 6$$

$$E[S] = E[q] \cdot L^2 / 8$$

Дисперсии:

$$D[R] = \left(\frac{\partial R}{\partial R_b} \sigma_{R_b} \right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial b} \sigma_b \right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial h} \sigma_h \right)^2$$

$$D[S] = \left(\frac{\partial S}{\partial q} \sigma_q \right)^2$$

После вычисления β вероятность отказа определяется через функцию нормального распределения: $P_f = \Phi(-\beta)$

Пример 2: Вероятность потери устойчивости сжатого элемента (стойки)

Условие: Колонна длиной $L=3L$ заземлена на концах и нагружена осевым усилием N .

Случайные параметры:

Модуль упругости стали $E \sim N(2.1 \times 10^5, 1.5 \times 10^4)$ МПа

Момент инерции $I \sim N(8 \times 10^6, 5 \times 10^5)$ мм⁴

Продольная нагрузка $N \sim N(200, 30)$ кН
Критическая сила потери устойчивости:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(L/k)^2}$$

где $k=0.5$ — коэффициент для заземленных концов.

Расчет вероятности отказа:

$$\beta = \frac{E[N_{cr}] - E[N]}{\sqrt{D[N_{cr}] + D[N]}} \quad P_f = \Phi(-\beta)$$

Пример 3: Прогиб перекрытия и вероятность превышения предельного значения

Условие: Плита перекрытия с пролетом $L=4L$ м.

Случайные параметры:

Модуль упругости бетона $E \sim N(30 \times 10^3, 3 \times 10^3)$ МПа

Момент инерции сечения $I \sim N(0.02, 0.002)$ м⁴

Нагрузка $q \sim N(10, 2)$ кН/м

Формула прогиба:

$$f = \frac{5qL^4}{384EI}$$

Расчет вероятности превышения предельного прогиба

$$\beta = \frac{E[f_{lim}] - E[f]}{\sqrt{D[f_{lim}] + D[f]}}$$

где $f_{lim}=L/250$ — предельный прогиб. $P_f = \Phi(-\beta)$

Вывод:

Во всех рассмотренных случаях вероятность отказа вычисляется через индекс надежности β , который затем преобразуется в вероятность через функцию нормального распределения. В сложных случаях применяется метод Монте-Карло для численного моделирования отказов конструкции.

Литература:

1. Райзер В.Д. Теория надежности сооружений. Научное издание: монография / Райзер В.Д. – М.: АСВ, 2010. – 384 с.
2. Игрицкий В.А. Расчет прочности конструкций методами теории надежности. Электронное учебное издание. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 26 с.
3. Добромыслов А.Н. Оценка надёжности зданий и сооружений по внешним признакам. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 72 с.
4. Пшеничкина, Г.В. Воронкова, С.С. Рекунов, А.А. Чураков; - Волгоград: ВолгГАСУ, 2015. - Учебное электронное издание сетевого распространения. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/online/>.

5. Травуш В.И., Колчунов В.И., Ключева Н.В. Некоторые направления развития теории живучести конструктивных систем зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – №3. – С. 4-9.
6. G.L., Swanstrom J., Tuttle S. Bridge inspection manual committee members. – 2012. – 595 p. Интернет-журнал «Транспортные конструкции».
7. Достанова, С.Х., Касымова Г.Т. Оценка влияния жесткости соединений на напряженно-деформированное состояние элементов каркасного здания // Сб мат. Совместной МНПК Актуальные проблемы и перспективы развития строительства: инновации, модернизация и энергоэффективность, посвященной году Узбекистана в Казахстане. – Алматы: Изд-во «Строительство и арх.», 2018. – С. 128-132.

УДК 577.4

Шахманов А., ст. гр. ТПГС 22-7 МОК (КазГАСА)

Сейтказинов О.Д., к.т.н., ассоц. проф. МОК (КазГАСА)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДНОЭТАЖНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ В LIRA-SAPR

В статье рассматривается проектирование одноэтажного промышленного здания с использованием LIRA-SAPR. Описаны этапы создания расчетной модели, подбор сечений и анализ усилий с учетом пространственной работы каркаса, снеговых и ветровых нагрузок, а также требований Еврокодов. Отмечена точность и эффективность расчетов.

Ключевые слова: промышленное здание, одноэтажное здание, LIRA-SAPR, конструктивное моделирование, 3D-модель, расчет нагрузок, снеговая нагрузка, ветровая нагрузка, сейсмическое воздействие, строительные конструкции, проектирование, инженерные расчеты.

Мақалада LIRA-SAPR арқылы бірқабатты өнеркәсіптік ғимаратты жобалау қарастырылады. Кеңістіктік модель құру, элементтерді таңдау және Eurocode негізінде беріктік пен тұрақтылықты бағалау сипатталған. Сандық модельдеудің өзектілігі атап өтіледі.

Түйін сөздер: өнеркәсіптік ғимарат, бірқабатты ғимарат, LIRA-SAPR, құрылымдық модельдеу, 3D-модель, жүктемелерді есептеу, қар жүктемесі, жел жүктемесі, сейсмикалық әсер, құрылыс конструкциялары, жобалау, инженерлік есеп.

The article discusses the design of a single-story industrial building using LIRA-SAPR. It covers modeling, structural element selection, load analysis, and Eurocode-based assessments of strength and reliability. Emphasis is placed on digital modeling and automated calculations.

Keywords: industrial building, single-storey building, LIRA-SAPR, structural modeling, 3D model, load analysis, snow load, wind load, seismic action, building structures, design, engineering calculations.

Введение

Проектирование промышленного здания представляет собой сложный процесс, который требует внимательного подхода ко всем аспектам — от выбора материалов до расчета конструктивных элементов и обеспечения безопасности объекта. С развитием технологий проектирования, такие программы как LIRA-SAPR стали необходимыми инструментами для инженеров, позволяя оптими-

зировать проектные решения и повысить точность расчетов. В этой статье рассматривается процесс проектирования одноэтажного промышленного здания с использованием LIRA-SAPR, что позволяет эффективно моделировать и анализировать конструкцию, учитывая различные нагрузки и другие параметры [3].

Исходные данные для проектирования

Для разработки проекта одноэтажного промышленного здания на основе заданных параметров используются следующие исходные данные:

- **Продольная схема:** здание имеет пролет длиной 24 м, разделенный на три секции по 8 м. С каждой стороны здания предусмотрены две фахверковые колонны.
- **Поперечная схема:** шаг между колоннами составляет 6 м, всего 7 шагов.
- **Конструктивные элементы:** основная колонна выполнена из двутавра 700х500, фахверковая колонна — из двутавра 500х500.
- **Крыша:** односкатная ферма с уклоном 5%.
- **Фундамент:** столбчатый фундамент.

С помощью LIRA-SAPR можно точно смоделировать все элементы этого здания, выполнить необходимые расчеты и проверить их на соответствие строительным нормам и правилам [7], [3],[2].

Процесс проектирования в LIRA-SAPR

1. Моделирование 3D-конструкции

Первым этапом проектирования является создание трехмерной модели здания в LIRA-SAPR. Это необходимо для корректного представления всей конструкции, ее геометрии и взаимодействия различных элементов.

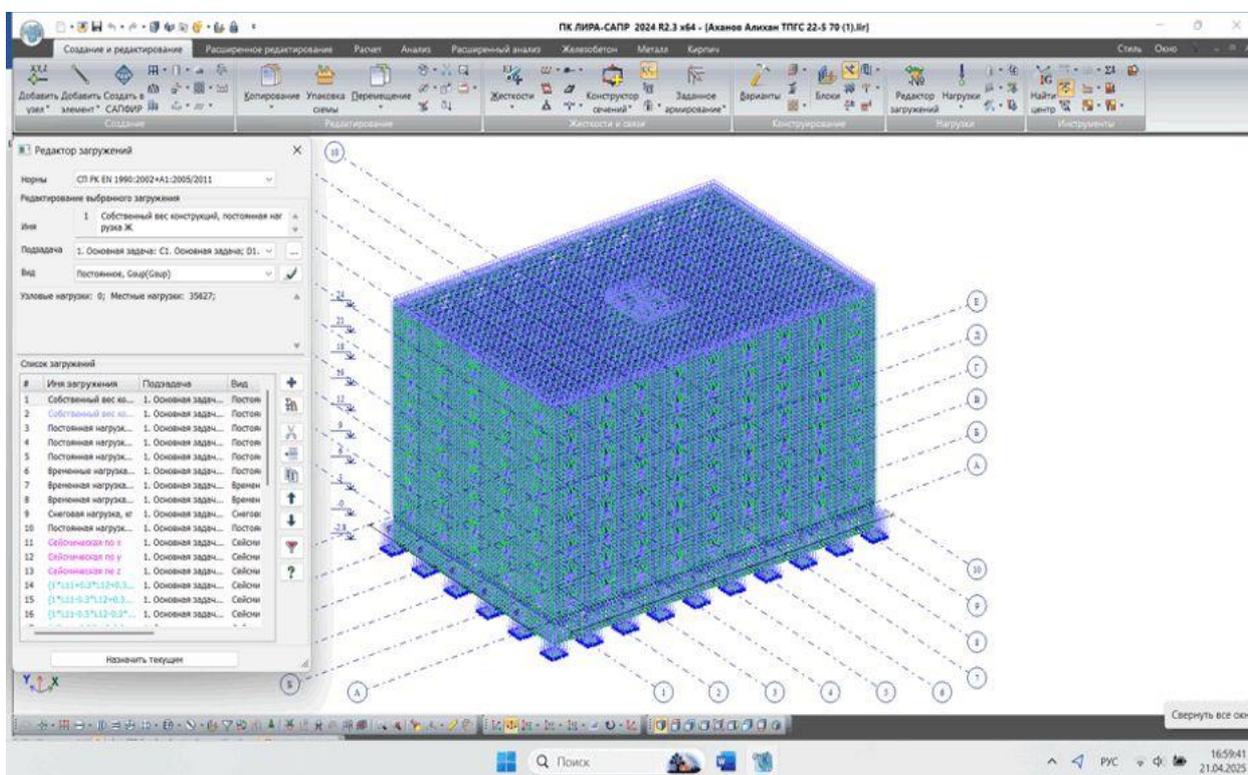


Рисунок 1 – На данной картине изображена основные нагрузки на здание.

В LIRA-SAPR задаются все параметры:

- Пролет здания (24 м) разбивается на три отрезка по 8 м.
- Колонны, балки и фахверковые колонны моделируются с учетом размеров двутавров 700x500 и 500x500.
- Уклон крыши устанавливается на уровне 5%, что требует учёта дополнительной нагрузки, вызванной ветровыми и снеговыми нагрузками.

Для проектирования в LIRA-SAPR важна точность в моделировании, так как программа автоматически вычисляет нагрузки на каждый элемент, деформации и внутренние усилия, которые могут возникнуть при эксплуатации здания [1], [5], [6].

2. Определение нагрузок на конструкцию

Правильное определение всех нагрузок — это один из ключевых этапов проектирования. LIRA-SAPR позволяет точно ввести различные виды нагрузок, включая:

- **Постоянные нагрузки:** это собственный вес всех конструктивных элементов здания, таких как колонны, фермы, покрытия, стены и перекрытия. Эти нагрузки считаются заранее известными и неизменными в процессе эксплуатации.
- **Временные нагрузки:** сюда входят изменения, происходящие в процессе эксплуатации здания, такие как снеговые, ветровые и эксплуатационные нагрузки. В LIRA-SAPR можно учитывать различные климатические условия, что помогает точнее предсказать воздействия на конструкцию.
- **Сейсмические нагрузки:** в некоторых регионах важно учитывать сейсмическую активность. В LIRA-SAPR есть возможность вводить соответствующие параметры для расчета сейсмических воздействий на конструкцию.

Каждому из типов нагрузок присваиваются определенные коэффициенты и категории, соответствующие строительным нормам и требованиям безопасности [4].

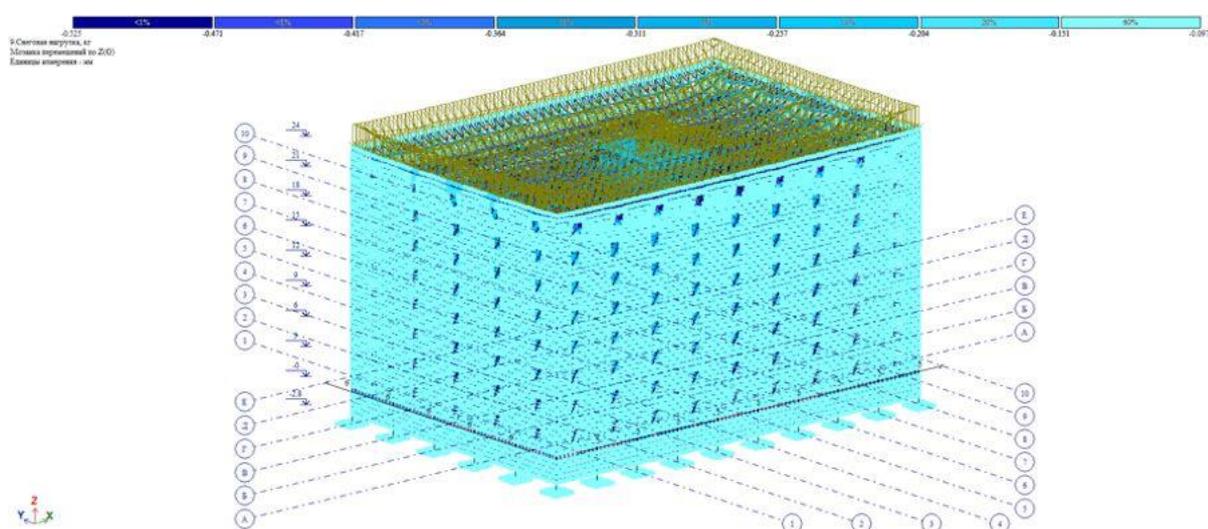


Рисунок 2 – На данной картине изображена мозаика перемещений по оси Z/ Снеговая нагрузка.

Преимущества использования LIRA-SAPR

Использование LIRA-SAPR имеет ряд преимуществ, таких как:

- **Точность расчетов:** программа позволяет получать точные результаты, минимизируя риск ошибок в расчетах.
- **Моделирование в 3D:** создание 3D-модели позволяет лучше понять взаимодействие всех элементов здания и обеспечить более точный расчет.
- **Учет всех нагрузок:** LIRA-SAPR учитывает широкий спектр нагрузок, включая сейсмические, снеговые и ветровые, что позволяет проектировать здание с учетом всех факторов.
- **Оптимизация конструкции:** программа помогает оптимизировать параметры конструкции, что позволяет снизить затраты на материалы и улучшить эксплуатационные характеристики здания [1], [2], [8].

Заключение

Проектирование одноэтажного промышленного здания с использованием LIRA-SAPR — это эффективный процесс, который позволяет инженерам точно моделировать все элементы конструкции, рассчитывать нагрузки и взаимодействие материалов. Программное обеспечение помогает не только ускорить проектирование, но и повысить его безопасность и экономичность. С помощью LIRA-SAPR можно провести глубокий анализ всех конструктивных элементов и быть уверенным, что здание будет соответствовать всем современным строительным нормам и стандартам

Литература:

1. Тетиор А.Н. *Городская экология: учеб. пособие для студ. вузов. – 3-е изд., стер. – М.: Академия, 2016. – 432 с.*
2. Куспангалиев Б.У., Самойлов К.И. *Развитие архитектуры Казахстана на рубеже тысячелетий // Архитектура и строительство. – 2021. – № 2. – С. 16–24.*
3. Метельский Л.А., Метельская И.Л. *Расчёт и проектирование строительных конструкций в LIRA-SAPR. – М.: АСВ, 2020. – 296 с.*
4. *SP RK EN 1990:2002+A1:2005/NA:2011. Еврокод: Основы проектирования конструкций. – Астана: Казахстанский институт стандартов, 2012.*
5. *SP RK EN 1991-1-4:2005/NA:2011. Еврокод 1: Воздействия на конструкции. Часть 1-4: Общие нагрузки. Нагрузки от ветра. – Астана, 2012.*
6. *SP RK EN 1991-1-3:2005/NA:2011. Еврокод 1: Воздействия на конструкции. Часть 1-3: Нагрузки от снега. – Астана, 2012.*
7. Гаврилов В.И. *Конструкции промышленных зданий: учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 2017. – 368 с.*
8. *Официальный сайт ПК ЛИРА-САПР – www.liraland.ru*

Юсуп Н., ст. гр. ТПГС 22-7 МОК (КазГАСА)
Сейтказинов О.Д., к.т.н., ассоц. проф. МОК (КазГАСА)

СЕЙСМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

Сейсмическая безопасность промышленных зданий является одной из ключевых задач современной инженерии, особенно в регионах с повышенной сейсмической активностью. В данной статье рассмотрены современные методы сейсмического расчета, нормативная база, особенности конструктивных решений, а также экономические аспекты обеспечения сейсмостойкости. Представлены методы компьютерного моделирования и практические рекомендации для проектировщиков и инженеров. Исследование направлено на повышение устойчивости промышленных объектов к землетрясениям и снижение потенциального ущерба.

Ключевые слова: сейсмостойкое проектирование, промышленные здания, сейсмическое районирование, микросейсмическая оценка, сейсмический анализ, сейсмоизоляция, демпферы, конструктивные решения, компьютерное моделирование, ЛИРА-САПР, BIM-технологии, сейсмический мониторинг, безопасность.

Өндірістік ғимараттардың сейсмикалық қауіпсіздігі – сейсмикалық белсенді аймақтарда аса маңызды инженерлік міндеттердің бірі. Бұл мақалада сейсмикалық есептеудің қазіргі әдістері, нормативтік база, конструктивтік шешімдер мен сейсмостойлықты қамтамасыз етудің экономикалық аспектілері қарастырылады. Сондай-ақ компьютерлік модельдеу тәсілдері мен жобалаушыларға арналған практикалық ұсыныстар берілген. Зерттеудің мақсаты – өндірістік нысандардың жер сілкіністеріне төзімділігін арттыру және ықтимал шығындарды азайту.

Түйін сөздер: сейсмикаға төзімді жобалау, өнеркәсіптік ғимараттар, сейсмикалық аудандастыру, микросейсмикалық бағалау, сейсмикалық талдау, сейсмоизоляция, демпферлер, конструктивтік шешімдер, компьютерлік модельдеу, ЛИРА-САПР, BIM-технологиялар, сейсмикалық мониторинг, қауіпсіздік.

Seismic safety of industrial buildings is one of the key engineering challenges in seismically active regions. This article discusses modern methods of seismic analysis, regulatory frameworks, structural solutions, and the economic aspects of seismic protection. It also covers computer modeling techniques and provides practical recommendations for engineers and designers. The study aims to enhance the seismic resistance of industrial facilities and minimize potential damage.

Keywords: seismic design, industrial buildings, seismic zoning, microseismic assessment, seismic analysis, seismic isolation, dampers, structural solutions, computer modeling, LIRA-SAPR, BIM technologies, seismic monitoring, safety.

Введение

Землетрясения представляют собой одну из наиболее разрушительных природных угроз, и защита производственных объектов требует комплексного инженерного подхода. Устойчивость промышленных зданий обеспечивает не только сохранность оборудования и инфраструктуры, но и безопасность персонала, а также предотвращает экологические катастрофы и экономические потери. В связи с этим сейсмостойкое проектирование становится неотъемлемой частью современных строительных практик.

Сейсмическое районирование и микросейсмическая оценка

Сейсмическое районирование – это основа для дальнейшего расчета сейсмических нагрузок. В Казахстане (рис. 1) широко используются карты сейсмического районирования, разработанные Институтом сейсмологии, в которых указывается максимальная расчетная интенсивность землетрясений в баллах по шкале MSK-64. Однако для точной оценки риска необходимо учитывать локальные геотехнические особенности площадки строительства – для этого применяется микросейсмическое районирование. Оно включает в себя сбор инженерно-геологических данных, проведение сейсмологических измерений и использование ГИС-технологий для построения карт опасностей на уровне участка.

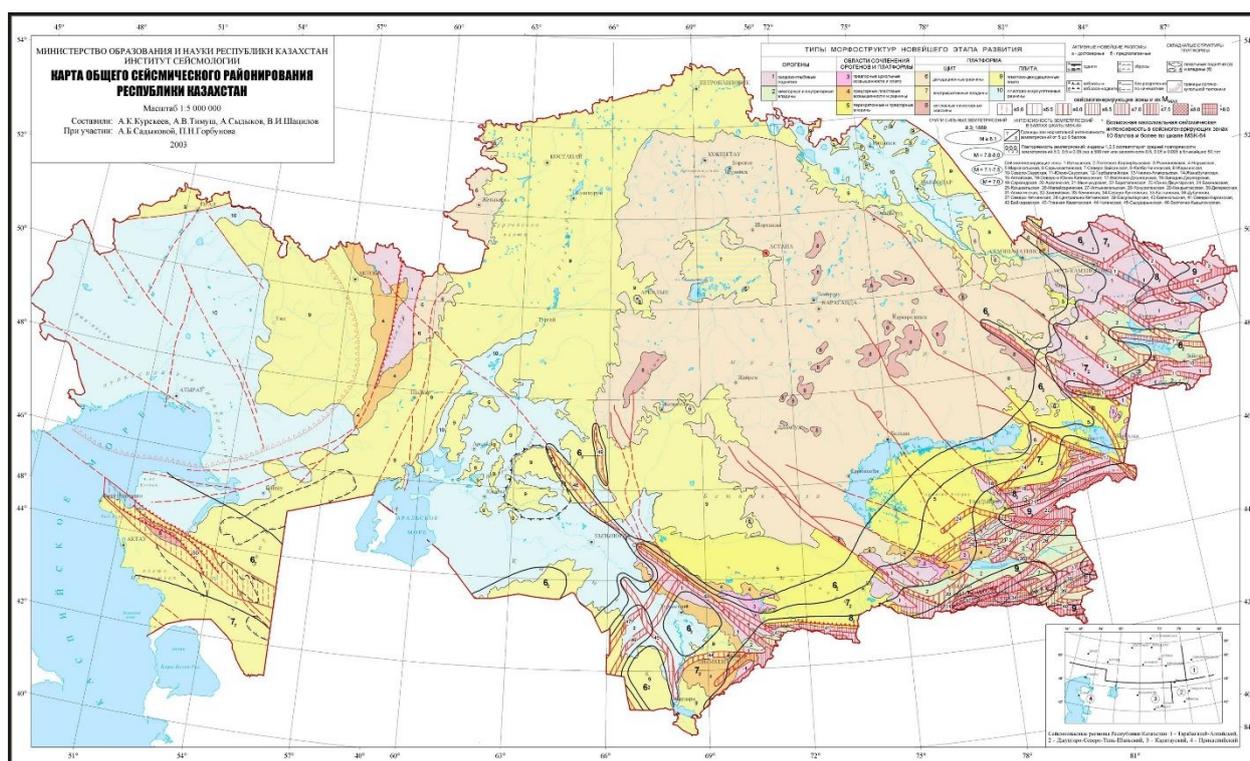


Рисунок 1 – Карта сейсмического районирования Казахстана

Нормативная база

Нормативные документы формируют правовую и инженерную основу сейсмического проектирования:

- СН РК 1.03-00-2022 – норматив для строительства в сейсмически опасных районах Казахстана;
- СП 14.13330.2018 – актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85;
- Eurocode 8 – общеевропейский стандарт проектирования зданий с учетом сейсмических воздействий;
- FEMA P-750 – рекомендации по проектированию сейсмостойких сооружений в США. Эти документы регламентируют не только методы расчета, но и конструктивные меры усиления, требования к материалам, допустимые перемещения и деформации.

Методы сейсмического анализа

Существует несколько подходов к расчету сейсмических нагрузок:

- Псевдостатический метод: используется для предварительных расчетов;
- Спектральный метод: позволяет учитывать различные характеристики грунта и структуры здания;
- Модальный анализ: основан на расчете собственных форм колебаний конструкции;
- Временной (нелинейный) анализ – наиболее точный метод, учитывающий изменение свойств конструкции во времени и взаимодействие с основанием. Новые исследования включают использование нелинейных моделей с учетом пластических деформаций, что особенно важно для многоэтажных промышленных зданий и тех, что содержат опасное оборудование.

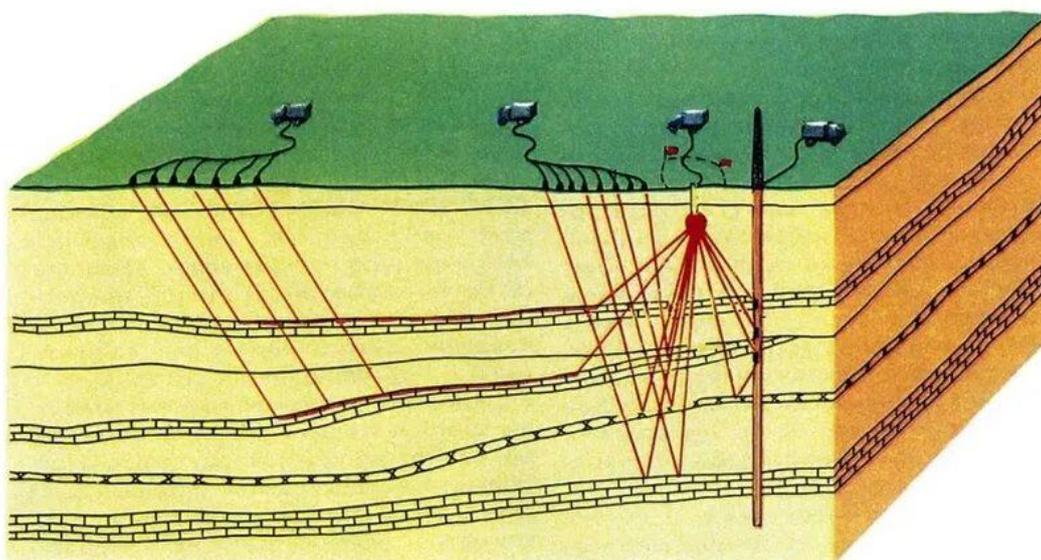


Рисунок 2 – Пример сейсмического анализа

Конструктивные решения для повышения сейсмостойкости Эффективность сейсмостойких решений зависит от типа конструкции и характера нагрузки. Основные стратегии:

- Применение связевых и рамных систем, обладающих высокой пластичностью;
- Использование демпферов (высокоэффективных поглотителей энергии) – вязких, маятниковых и фрикционных;
- Устройство сейсмоизолированных фундаментов (резинометаллические опоры, маятниковые системы);
- Введение деформационных швов и компенсационных элементов;
- Повышенные требования к сварным и болтовым соединениям. Кроме того, внедрение инновационных строительных материалов – бетонов с волокнистым армированием и энергоемких металлоконструкций – позволяет повысить долговечность и стойкость зданий.

Компьютерное моделирование и верификация

Современные программные продукты, такие как ETABS, ЛИРА-САПР, SAP2000, ANSYS, позволяют создать точные модели зданий, учитывать многомасштабные колебания, взаимодействие «грунт – фундамент – здание» и проводить расчеты с учетом реальных землетрясений. Верификация моделей осуществляется путём сравнения с данными лабораторных и натурных испытаний. Применение BIM-технологий (информационного моделирования зданий) позволяет интегрировать данные сейсмического анализа в проектную документацию.

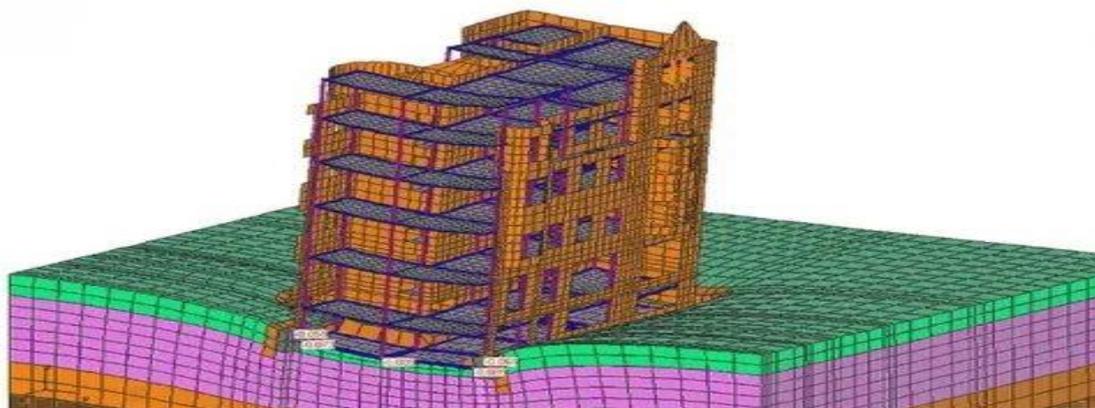


Рисунок 3 – Пример многоэтажного здания в программе ЛИРА-САПР

Экономическая целесообразность сейсмозащиты

Инвестиции в сейсмостойкое строительство оправданы с точки зрения долгосрочной безопасности и непрерывности производственного процесса. Расчёт затрат на сейсмоусиление должен учитывать не только стоимость строительных мероприятий, но и потенциальные убытки при аварийной остановке производства, разрушении инфраструктуры и экологических последствиях. Использование страховых механизмов и риск-ориентированного подхода в проектировании способствует привлечению инвестиций и снижению финансовых рисков.

Практические рекомендации и мониторинг

Реализация сейсмозащиты включает:

- Своевременное обследование конструкций (в том числе неразрушающими методами);
- Применение датчиков мониторинга и сейсмологических станций вблизи промышленных объектов;
- Введение автоматических систем оповещения о превышении допустимых нагрузок;
- Регулярное обновление расчетных моделей в соответствии с актуальными данными мониторинга.

Заключение

Сейсмостойкое проектирование промышленных зданий требует интеграции знаний в области геотехники, строительной механики, материаловедения и информационных технологий. Только комплексный подход, включающий инже-

нерный анализ, применение нормативных документов и инновационные технологии, способен обеспечить безопасность и устойчивость промышленных объектов в условиях сейсмической опасности.

Литература:

1. СН РК 1.03-00-2022 – Строительство в сейсмически опасных районах Республики Казахстан. – Астана: КазНИИИСА, 2022.
2. СП 14.13330.2018 – Свод правил «Строительство в сейсмических районах». – М.: Минстрой РФ, 2018.
3. Eurocode 8: EN 1998-1 – Design of Structures for Earthquake Resistance.
4. FEMA P-750 – NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures. Federal Emergency Management Agency (FEMA), USA.
5. Chopra, A. K. – Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering. 5th ed. – Prentice Hall, 2017.
6. Paulay, T., Priestley, M. J. N. – Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings. – Wiley-Interscience, 1992.
7. Taranath, B. Structural Analysis and Design of Tall Buildings: Steel and Composite Construction. – CRC Press, 2016.
8. Наумов, Л. Н. Сейсмостойкое строительство зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 2010.
9. Sevalnev, P., Ryzhov, S. Dynamic analysis of industrial buildings under seismic actions. – Engineering Structures, Elsevier.
10. Gulkan, P., Langenbach, R. – The Seismic Vulnerability of Industrial Facilities: Performance of Existing Structures during Earthquakes. – Earthquake Engineering Research Institute, 2015.
11. Metal Construction Association – Seismic Design Considerations for Metal Buildings.
12. The Constructor – Earthquake Resistant Design Philosophy.

3.3 ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

УДК 628.113.1(274)

Абдрахманов Н.А., ст. гр. ТГВ-22-1*(23), МОК (КазГАСА)

Касабекова Г.Т., ассоц. проф., доцент МОК (КазГАСА)

МИКРОБНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД (MFCS)

В статье рассматривается состояние технологии MFCS на 2025 год, обзор последних достижений и открытий в этой сфере.

Ключевые слова: микробные топливные элементы (МТЭ), очистка сточных вод, биоэнергия, возобновляемые источники энергии, биоэлектрохимические системы, электрогенные микроорганизмы, восстановление энергии, удаление тяжелых металлов, анод, катод, мембранные системы, устойчивые технологии, энергоэффективность.

Мақалада 2025 жылы MFC технологиясының жағдайы талқыланады, осы саладағы соңғы жетістіктер мен жаңалықтар қарастырылады.

Түйін сөздер: *микробтық отын элементтері (МТЭ), ағынды суларды тазарту, биоэлектр энергиясы, жаңартылатын энергия көздері, биоэлектрохимиялық жүйелер, электрогенді микроағзалар, энергияны қалпына келтіру, ауыр металдарды жою, анод, катод, мембраналық жүйелер, тұрақты технологиялар, энергия тиімділігі.*

The article discusses the state of MFCs technology in 2025, reviewing the latest achievements and discoveries in this field.

Keywords: *microbial fuel cells (MFCs), wastewater treatment, bioelectricity, renewable energy sources, bioelectrochemical systems, electrogenic microorganisms, energy recovery, heavy metal removal, anode, cathode, membrane systems, sustainable technologies, energy efficiency.*

Очистка сточных вод является дорогостоящей и энергоемкой процедурой, которая не только удовлетворяет потребности в энергии для обеспечения текущих энергетических нужд растущего населения, но и помогает решать проблему удаления огромных объемов сточных вод, которые требуют обработки в экосистеме. В связи с этим использование возобновляемых источников энергии для очистки сточных вод стало одной из перспективных технологий для решения проблем производства энергии и загрязнения окружающей среды. Технология микробных топливных элементов (МТЭ) продемонстрировала большой потенциал в этой области, предлагая устойчивый подход с одновременным восстановлением энергии и питательных веществ, а также производством биоэлектричества, которое использует способность электрогенных микроорганизмов окислять органические загрязнители в сточных водах.

Микробный топливный элемент (МТЭ) — это тип биоэлектрохимического топливного элемента, также известного как микротопливный элемент, который генерирует электрический ток, направляя электроны, произведенные в результате микробного окисления восстановленных соединений (так называемое топливо или донор электронов) на аноде, к окисленным соединениям, таким как кислород (так называемый окислитель или акцептор электронов) на катоде через внешнюю электрическую цепь. В микробных топливных элементах (МТЭ) бактерии окисляют вещества (например, органические материалы) в анодной камере, высвобождая электроны. Эти электроны затем передаются через проводник в катодную камеру. В катодной камере электроны соединяются с кислородом и протонами (молекулами водорода), которые проходят через специальную мембрану. Чтобы МТЭ работали, нужно, чтобы в аноде постоянно выделялись электроны, а в катоде — они потреблялись. Количество энергии, которую могут получить бактерии, зависит от разницы в электрическом потенциале между анодом и веществом, которое они окисляют.

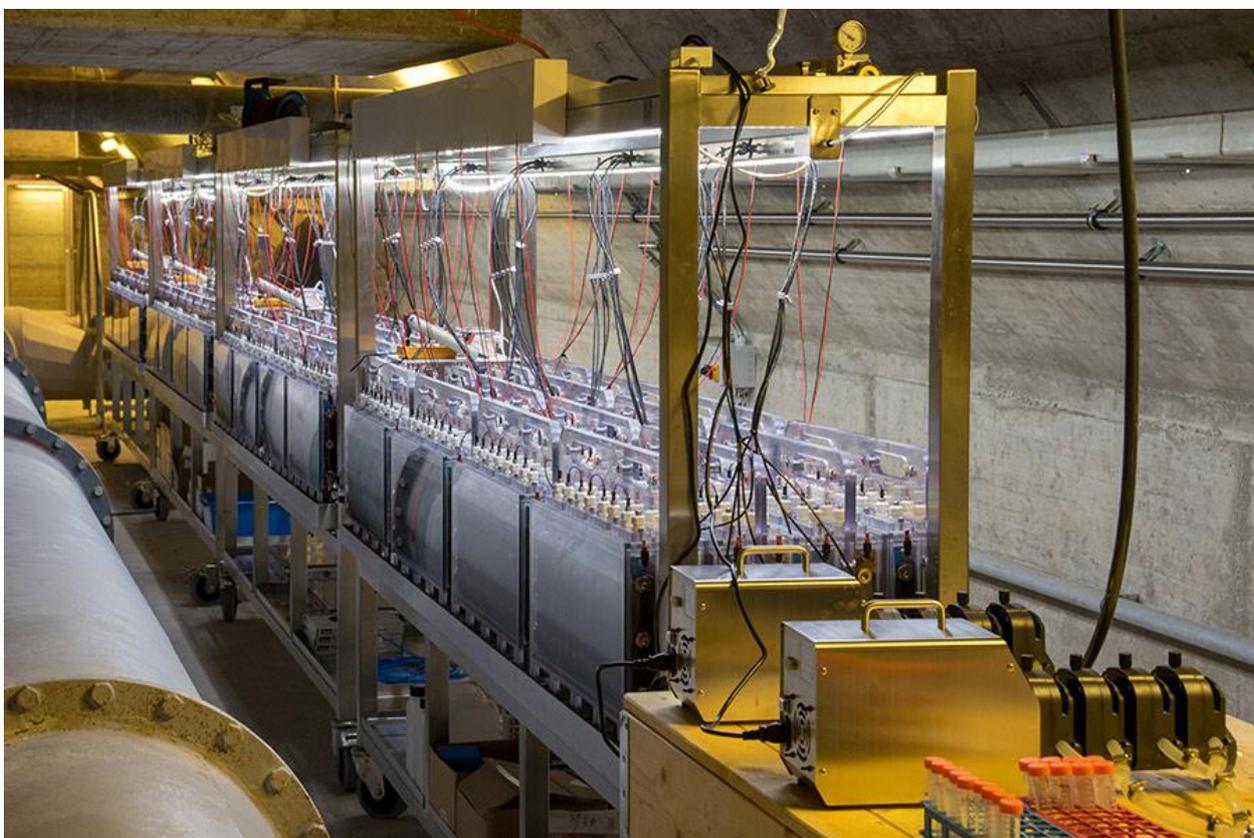
Типы конструкций МТЭ:

- **Многокамерный МТЭ:** МТЭ могут быть соединены в сборку как параллельно, так и последовательно, и это играет ключевую роль в увеличении производства энергии. При параллельном соединении сборка даёт больший ток, а при последовательном — более высокое напряжение. Колумбовая эффективность не зависит от конструкции, однако мощность всей батареи усиливается.

- **Двухкамерный МТЭ:** двухкамерный МТЭ состоит из двух отсеков: анодного и катодного, которые соответственно являются анаэробными и аэробными. Оба отсека соединены внешне через провод и внутренне через мембрану обмена протонами. Эта конструкция завершает цепь, а мембрана позволяет протонам переходить в катодный отсек, ограничивая диффузию кислорода в анодной камере

- **Однокамерный МТЭ:** этот тип используется для производства энергии в малых масштабах с меньшим внутренним сопротивлением, что способствует снижению стоимости и повышению эффективности. Конструкция в основном основана на двухкамерном МТЭ с небольшими изменениями: существует только одна определённая анодная камера, в которую помещаются сточные воды.

В 2018 году команда, возглавляемая профессором Фабианом Фишером из NES-SO Вале, Швейцария, и его соавторы опубликовали исследование, в котором описывалось создание установки МТЭ объемом 12 литров, состоящей из 12 соединенных единиц МТЭ. Установка из 12 блоков, собранная из четырех тройных модулей МТЭ, была способна одновременно заряжать три полимерные литиевые батареи. Исследование этой конфигурации стало важным первым шагом к масштабированию МТЭ для генерации электроэнергии на основе очистки сточных вод. На сегодняшний день самым значимым шагом к этой цели стало опубликованное в 2021 году еще одно исследование Фишера и его команды, в котором они сообщили об успешном проектировании МТЭ объемом 1,000 литров из 64 единиц МТЭ, способной генерировать электроэнергию при очистке сточных вод.



Сточные воды, полученные из домашних, сельскохозяйственных и промышленных источников, содержат различные вещества, которые могут быть использованы в качестве возобновляемого источника энергии для микробных топливных элементов (МТЭ). МТЭ могут быть спроектированы и разработаны как самостоятельные технологии очистки сточных вод, которые могут работать без внешних источников энергии. Эта технология предлагает несколько экономических преимуществ, включая энергоэффективность, меньший объем образующегося осадка или даже процессы анаэробного разложения, минимальные или отсутствующие токсичные побочные продукты, восстановление экономически важных продуктов из сточных вод, таких как питательные вещества и электроэнергия, простоту эксплуатации при различных условиях и надежность, а также устойчивость технологии.

Основными ограничениями для применения МТЭ для генерации электричества в процессе очистки сточных вод являются относительно низкая плотность мощности и тот факт, что технология находится только на стадии лабораторных исследований, требующих разработки подходящей методологии для масштабирования до промышленного применения. Однако, связывая несколько МТЭ, можно повысить напряжение. Максимальная плотность мощности, равная 5850 мВт/м^2 , была получена в двухкамерном МТЭ с использованием сложной системы электродов, состоящей из анода из карбида вольфрама и графитовой фольги, покрытой политетрафторэтиленом в качестве катода. Выбор правильного материала и конфигурации электродов играет важную роль в достижении максимальной мощности от МТЭ.

Микробные топливные элементы (МТЭ) продемонстрировали отличную эффективность в удалении и восстановлении тяжелых металлов из сточных вод. Например, МТЭ на основе водорослей (*Chlorella* sp.) с электродами из никелевого пористого материала и графена достигли эффективности удаления Cd(II) до 95% с максимальным объемом адсорбции 115 г/м^2 . Другие исследования, использующие сенсорные материалы на основе лигандов, также достигли значительных емкостей адсорбции Cd(II) — $167,33 \text{ мг/г}$ и $176,19 \text{ мг/г}$ соответственно.

Однако МТЭ на основе водорослей имеют преимущество перед другими технологиями благодаря улучшенному производству энергии, с максимальной плотностью мощности $36,4 \text{ МВт/м}^2$. Точно так же для обнаружения металлических загрязнителей сточных вод, таких как цезий, медь и свинец, были разработаны функционализированные адсорбенты, которые могут достигать отличных показателей адсорбции. МТЭ также обеспечили 98,3% и 89,6% эффективность удаления Cu^{2+} и Pb(II) .

Заключение

Ряд научных работ и исследований свидетельствует о том, что технологии микробных топливных элементов (МТЭ) зарекомендовали себя как экологически устойчивые методы производства энергии, одновременно удаляя загрязнители из различных типов сточных вод. Однако существуют несколько существенных проблем, включая экономические аспекты, разработку конструкций,

обеспечивающих максимальный выход. Тем не менее, МТЭ, вероятно, достаточно эффективны с точки зрения чистого производства энергии.

МТЭ становятся всё более практичными для производства энергии. Таким образом, можно заключить, что МТЭ могут быть коммерциализированы в крупных отраслях, повысив плотность мощности и общую эффективность, одновременно снижая затраты на ресурсы, а также координируя безграничные достижения в производстве энергии и устойчивой очистке сточных вод.

Литература:

1. *Microbial Fuel Cells - An option for wastewater treatment. August 2010 Environmental Engineering and Management Journal 9(8):1069-1087*
2. *Cleaner and Circular Bioeconomy. Volume 5, August 2023, 100050. Microbial fuel cell: A state-of-the-art and revolutionizing technology for efficient energy recovery Author links open overlay panel Aniket Naha, Reetika Debroy, Dhruvdyoti Sharma, Maulin P. Shah, Soumitra Nath*
3. *Process Safety and Environmental Protection. Volume 161, May 2022, Pages 357-373. Process Safety and Environmental Protection. Microbial fuel cells: Insight into simultaneous wastewater treatment and bioelectricity generation Author links open overlay panel Ali Nawaz, Ikram ul Haq, Kinza Qaisar, Burcu Gunes, Saleha Ibadat Raja, Khola Mohyuddin, Haseeb Amin*
4. *Review of microbial fuel cell from a techno-economic perspective Saad Saleem Khan, Mohsin Amjad, [...], and Stephen Larkin. Volume 42, Issue 1. November 6, 2023*

УДК 628.113.1(274)

Акбосын К., ст. гр. ТГВ-22-1*(23), МОК (КазГАСА)

Касабекова Г.Т., ассист.проф., МОК (КазГАСА)

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ: АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ И УМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Доклад посвящён цифровизации очистных сооружений с акцентом на автоматизацию процессов и применение умных технологий. Особое внимание уделяется использованию искусственного интеллекта для прогнозирования утечек, оптимизации насосных станций, контроля качества воды и эффективного расходования ресурсов. Рассматриваются перспективы внедрения цифровых двойников, самообучающихся алгоритмов и полностью автоматизированных систем.

Ключевые слова: цифровизация очистных сооружений, автоматизация процессов, умные технологии, интернет вещей (IoT), мониторинг качества воды, цифровые двойники, водоочистка, управление ресурсами.

Бұл баяндама тазарту құрылыстарын цифрландыруға, процестерді автоматтандыру мен ақылды технологияларды енгізуге арналған. Жасанды интеллектті пайдалану арқылы су жүйелеріндегі ағып кетуді болжау, сорғы станцияларын оңтайландыру, су сапасын бақылау және ресурстарды тиімді пайдалану жолдары қарастырылады. Сонымен қатар, цифрлық егіздер, өзін-өзі үйрететін алгоритмдер және толық автоматтандырылған жүйелерді дамыту келешегі сипатталады.

Түйін сөздер: тазарту құрылыстарын цифрландыру, процестерді автоматтандыру, ақылды технологиялар, заттар интернеті (IoT), су сапасының мониторингі, цифрлық егіздер, су тазарту, ресурстарды басқару.

This report is dedicated to the digitalization of wastewater treatment facilities, focusing on process automation and the implementation of smart technologies. It explores the application of artificial intelligence for leak prediction, pump station optimization, water quality monitoring, and efficient resource usage. The report also highlights future developments such as digital twins, self-learning algorithms, and fully automated systems.

Keywords: digitalization of wastewater treatment facilities, process automation, smart technologies, Internet of Things (IoT), water quality monitoring, digital twins, water treatment, resource management.

Современные технологии цифровизации и автоматизации открывают новые возможности для повышения эффективности очистных сооружений. Системы на основе искусственного интеллекта (ИИ), Интернета вещей (IoT) и облачных вычислений позволяют оптимизировать процессы, минимизировать потребление ресурсов и улучшать контроль за качеством воды в режиме реального времени. В ряде стран уже внедрены успешные проекты цифровизации, которые доказали свою эффективность, помогая значительно снизить затраты и повысить экологическую безопасность.

Кроме того, новые технологии, такие как нанотехнологии, биоремедиация и цифровые двойники, открывают перспективы для ещё более глубокого и экологичного очищения воды. Например, использование углеродных нанотрубок позволяет эффективно удалять тяжёлые металлы, а биоремедиация с применением микроорганизмов помогает естественным образом разлагать загрязняющие вещества. В свою очередь, цифровые двойники позволяют моделировать и оптимизировать процессы очистки, повышая эффективность работы очистных сооружений.

В данном исследовании рассматриваются ключевые технологии, применяемые для автоматизации очистных сооружений, их преимущества, а также реальные примеры успешных проектов, демонстрирующих, как цифровизация может изменить отрасль водоочистки.

Автоматизация процессов очистки воды представляет собой использование различных технологий для автоматического контроля и управления процессами очистки. В основе автоматизации лежат датчики и сенсоры, которые позволяют непрерывно отслеживать состояние воды и параметры работы очистных сооружений. Автоматизированные системы могут реагировать на изменения в качестве воды или на неисправности оборудования без вмешательства человека, что значительно повышает оперативность и точность работы. Кроме того, автоматизация позволяет уменьшить человеческий фактор, сократить время на диагностику и устранение неисправностей, а также повысить безопасность и надёжность работы очистных станций.

Мониторинг в реальном времени является ключевым элементом эффективной очистки воды. Системы мониторинга позволяют в режиме онлайн отслеживать качество воды, включая такие параметры, как содержание химических

веществ, температура, уровень pH, мутность и другие. Современные системы мониторинга используют датчики, подключенные к центральным серверным системам, что позволяет не только оперативно получать информацию о текущем состоянии воды, но и прогнозировать возможные загрязнения. Реализуя системы мониторинга в реальном времени, можно быстро реагировать на изменения и принимать меры для предотвращения загрязнений.

Современные системы автоматизации и мониторинга могут также оптимизировать работу оборудования на очистных станциях. Это достигается за счет анализа данных с датчиков и алгоритмов, которые могут предсказать необходимость проведения технического обслуживания или замену оборудования, а также повысить эффективность работы отдельных узлов. Например, использование интеллектуальных систем для управления насосами и фильтрами позволяет минимизировать потребление энергии и воды, что способствует снижению эксплуатационных расходов.

Облачные технологии позволяют интегрировать различные системы очистки воды в единую сеть, обеспечивая централизованное управление и мониторинг. Интеграция с облачными платформами позволяет собирать данные с различных очистных станций и анализировать их с помощью высокоэффективных алгоритмов. Это позволяет операторам контролировать и управлять процессами очистки из любой точки мира, что особенно актуально для удаленных объектов. Облачные платформы также дают возможность для более эффективного анализа больших данных и внедрения предсказательной аналитики для предотвращения аварийных ситуаций.

Сингапур является одним из мировых лидеров в области водоочистки и внедрения инновационных технологий. В стране активно используются автоматизированные системы управления, мониторинга и очистки воды. Одним из ярких примеров является проект NEWater, который представляет собой систему очистки сточных вод с использованием передовых технологий, таких как мембранные фильтры, ультрафиолетовое излучение и обратный осмос. Эта система использует цифровизацию для оптимизации всех этапов очистки, включая управление оборудованием и мониторинг качества воды в реальном времени.

Умные технологии включают в себя использование датчиков, интернета вещей (IoT), систем на базе искусственного интеллекта и машинного обучения для оптимизации процессов очистки воды. Эти технологии позволяют не только автоматически регулировать процессы очистки, но и проводить диагностику состояния оборудования, предсказывать потребности в обслуживании и управлять процессами на основе собранных данных. Например, в некоторых странах уже внедрены умные фильтры, которые самостоятельно определяют уровень загрязнения воды и регулируют фильтрацию в зависимости от полученных данных.

Предиктивная аналитика использует алгоритмы машинного обучения и анализа больших данных для предсказания изменений в процессе очистки воды. Например, система может прогнозировать появление загрязнений или неисправностей в оборудовании и рекомендовать меры для предотвращения проблем до их возникновения. Это позволяет значительно улучшить операционную эффек-

тивность, снизить количество аварийных ситуаций и обеспечить более стабильную работу очистных сооружений.

Цифровые двойники представляют собой виртуальные модели реальных объектов, таких как очистные сооружения. Эти модели используются для симуляции работы оборудования и процессов очистки воды в виртуальной среде. Цифровые двойники позволяют проводить анализ и тестирование различных сценариев работы, оптимизировать процесс очистки и проводить диагностику возможных неисправностей без риска для реальной системы.

Искусственный интеллект (ИИ) находит широкое применение в системах очистки воды для оптимизации процессов, улучшения качества воды и повышения эффективности работы оборудования. ИИ способен анализировать большие объемы данных, предсказывать изменения в качестве воды и адаптировать процесс очистки под текущие условия. Системы ИИ могут, например, на основе анализа данных регулировать работу насосов и фильтров, а также прогнозировать необходимость проведения технического обслуживания оборудования.

Биосенсоры — это устройства, которые используют биологические элементы для обнаружения загрязняющих веществ в воде. Эти сенсоры позволяют проводить мониторинг воды в реальном времени и выявлять даже малые изменения в химическом составе. Биосенсоры могут быть интегрированы в автоматизированные системы очистки и использоваться для раннего предупреждения о загрязнении воды, что позволяет оперативно реагировать на изменения и предотвращать возможные экологические катастрофы.

В Германии активно применяется интернет вещей (IoT) для мониторинга и управления очисткой сточных вод. Система IoT позволяет подключать различные датчики к очистным станциям, собирать данные о качестве воды и состоянии оборудования, а также передавать эти данные в облачные платформы для дальнейшего анализа и оптимизации процессов. Это позволяет значительно улучшить операционную эффективность, снизить затраты на обслуживание и повысить качество очистки.

Многие страны уже успешно внедряют цифровые технологии в очистку воды. Примером успешного проекта является внедрение автоматизированной системы управления очистными станциями в Сингапуре, а также применение IoT в очистке сточных вод в Германии. Эти проекты демонстрируют, как цифровизация помогает улучшить качество воды, повысить эффективность работы и снизить затраты на очистку.

В будущем можно ожидать дальнейшего развития технологий, таких как нанотехнологии, биоремедиация, а также применения новых методов искусственного интеллекта и машинного обучения. Эти технологии могут привести к значительному улучшению процессов очистки воды, снижению затрат и повышению устойчивости очистных сооружений.

Нанотехнологии предоставляют новые возможности для улучшения качества воды. Использование наночастиц и наноматериалов позволяет более эффективно удалять загрязнители, такие как тяжелые металлы, бактерии и вирусы. Нанотехнологии открывают новые горизонты в очистке воды и позволяют создавать более эффективные фильтры и очистные системы.

Биоремедиация представляет собой использование микроорганизмов или растений для очистки воды от загрязняющих веществ. Этот метод экологически безопасен и позволяет эффективно очищать воду от токсичных химических веществ, таких как нефтепродукты и пестициды. Этот метод основан на использовании микроорганизмов, способных разлагать органические загрязнители и даже тяжёлые металлы. В США и Европе активно тестируются станции очистки, где бактерии помогают очищать воду естественным образом, без использования химических реагентов.

Цифровизация процессов очистки воды приводит к значительным экономическим выгодам, включая сокращение затрат на эксплуатацию, снижение потребления энергии и воды, а также улучшение качества очистки. Это способствует повышению устойчивости предприятий и снижению их воздействия на окружающую среду.

Внедрение цифровых технологий в очистные сооружения даёт значительные экономические преимущества:

- **Снижение затрат на обслуживание** – автоматизированные системы требуют меньше ручного контроля и снижают потребность в дорогостоящем техническом обслуживании.

- **Оптимизация расхода ресурсов** – за счёт точного контроля подачи реагентов и электроэнергии удаётся снизить затраты на эксплуатацию.

- **Снижение штрафов за загрязнение** – мониторинг в реальном времени позволяет быстро реагировать на изменения качества воды, предотвращая выбросы загрязняющих веществ.

Цифровизация очистных сооружений становится важным элементом устойчивого развития городов и промышленных объектов. Внедрение современных технологий, таких как IoT, искусственный интеллект и цифровые двойники, значительно повышает эффективность очистки воды, снижает затраты и улучшает экологическую безопасность. В будущем ожидается ещё больше инноваций, направленных на оптимизацию работы очистных сооружений и защиту водных ресурсов.

ӘӨЖ 628.1

Амитова А.Т., ст.гр. ИЖЖЖ-31 СҚФ (Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ)
Абдукаликова Г.М., аға оқытушы СҚФ (Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ)

ШАҒЫН ЕЛДІ МЕКЕНДЕРДЕГІ СУМЕН ЖАБДЫҚТАУ ЖҮЙЕСІНІҢ МӘСЕЛЕЛЕРІ

Бұл мақалада Қазақстандағы шағын елді мекендерді сумен қамтамасыз етудегі негізгі мәселелер қарастырылады. Атап айтқанда, инфрақұрылымның тозуы, қаржыландыру тапшылығы, табиғи су көздерінің ластануы және географиялық ерекшеліктер сияқты факторлар талданады. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, ауылдық аймақтарда ауыз суға қолжетімділікті арттыру үшін инфрақұрылымды жаңғырту, қаржыландыру көздерін кеңейту

және заманауи тазарту технологияларын енгізу қажет. Сонымен қатар, су ресурстарын тиімді пайдалану және үнемдеу шараларын жүзеге асыру ұсынылады.

Түйін сөздер: ауыз су, шағын елді мекендер, сумен жабдықтау, су инфрақұрылымы, ауылдық аймақтар, су сапасы, орталықтандырылған су жүйесі, су тазарту технологиялары, қаржыландыру, географиялық қиындықтар, су ресурстары, тұрақты даму, халық денсаулығы.

В данной статье рассматриваются основные проблемы водоснабжения в малых населённых пунктах Казахстана. Анализируются такие факторы, как изношенность инфраструктуры, нехватка финансирования, загрязнение природных источников воды и географические особенности. Результаты исследования показывают, что для улучшения доступа к питьевой воде в сельской местности необходимо модернизировать инфраструктуру, расширять источники финансирования и внедрять современные технологии очистки. Также предлагаются меры по эффективному использованию и сохранению водных ресурсов.

Ключевые слова: питьевая вода, малые населённые пункты, водоснабжение, водная инфраструктура, сельские районы, качество воды, централизованная система водоснабжения, технологии очистки воды, финансирование, географические трудности, водные ресурсы, устойчивое развитие, здоровье населения.

This article examines the key issues of water supply in small settlements of Kazakhstan. It analyzes factors such as infrastructure deterioration, lack of funding, pollution of natural water sources, and geographical challenges. The study results indicate that improving access to drinking water in rural areas requires infrastructure modernization, expansion of funding sources, and implementation of modern purification technologies. Additionally, measures for the efficient use and conservation of water resources are proposed.

Keywords: drinking water, small settlements, water supply, water infrastructure, rural areas, water quality, centralized water system, water treatment technologies, financing, geographical challenges, water resources, sustainable development, public health.

Су – тіршіліктің қайнар көзі, адам өмірі мен денсаулығының негізгі факторы. Қазақстанда халықтың ауыз суға қолжетімділігі соңғы жылдары артып келеді. 2020 жылы орталықтандырылған сумен жабдықтау қызметтерімен халықтың 93,8%-ы қамтылған болса, 2023 жылы бұл көрсеткіш 97,8%-ға дейін өсті. 2024 жылы қала тұрғындарының 99,4%-ы, ал ауыл тұрғындарының 97,8%-ы сапалы ауыз суға қол жеткізді [1]. Дегенмен, кейбір аймақтарда халықтың сапалы ауыз суға қолжетімділігі мәселесі әлі де өзекті болып отыр. Елімізде мыңдаған ауыл тұрғындары таза ауыз суға қол жеткізе алмай отыр, бұл олардың денсаулығына, тұрмыс деңгейіне және жалпы өңірдің әлеуметтік-экономикалық дамуына кері әсерін тигізуде.

Шағын елді мекендердегі су жүйесінің мәселелері инфрақұрылымның тозуы, қаржыландырудың жеткіліксіздігі, табиғи су көздерінің ластануы және географиялық ерекшеліктерге байланысты күрделене түсуде. Мемлекет бұл мәселені шешу үшін түрлі бағдарламалар қабылдап, жаңа технологияларды енгізуге тырысқанымен, мәселе толық шешімін тапқан жоқ.

Жоғарыда айтылғандай, Қазақстандағы шағын елді мекендерді сумен жабдықтау мәселелері бірнеше бағытта көрініс табады. Шағын елді мекендерді сумен жабдықтаудағы басты мәселелердің бірі – инфрақұрылымның ескіріп, тозуы. Бұл мәселе бірнеше себептерге байланысты туындайды:

- *Кеңестік кезеңнен қалған су жүйелерінің тозуы.* Қазақстандағы көптеген ауылдарда су құбырлары мен су тарату желілері әлі күнге дейін Кеңес Одағы

кезінде салынған. Бұл жүйелер 30-50 жыл бұрын пайдалануға берілген және бүгінде олардың көпшілігі әбден тозып, апатты жағдайда тұр. Ескірген құбырлар жиі жарылып, су жоғалтудың негізгі себептерінің бірі болып отыр.

- *Су тазарту қондырғыларының жетіспеушілігі.* Көптеген ауылдық жерлерде су тазарту жүйелері жоқ немесе өте нашар жағдайда. Бұл халықтың лас немесе залалды қоспалары бар суды тұтынуына әкеледі, нәтижесінде түрлі аурулардың таралу қаупі артады.

- *Орталықтандырылған су жүйесінің болмауы.* Қазақстанда 6 000-нан астам ауылдық елді мекен бар, олардың көпшілігінде орталықтандырылған су құбыры жүйесі мүлде жоқ. Мұндай ауылдарда халық суды құдықтардан, өзен-көлдерден немесе тасымалдап алады, бұл тұрақты және қауіпсіз сумен қамтамасыз етуге мүмкіндік бермейді.

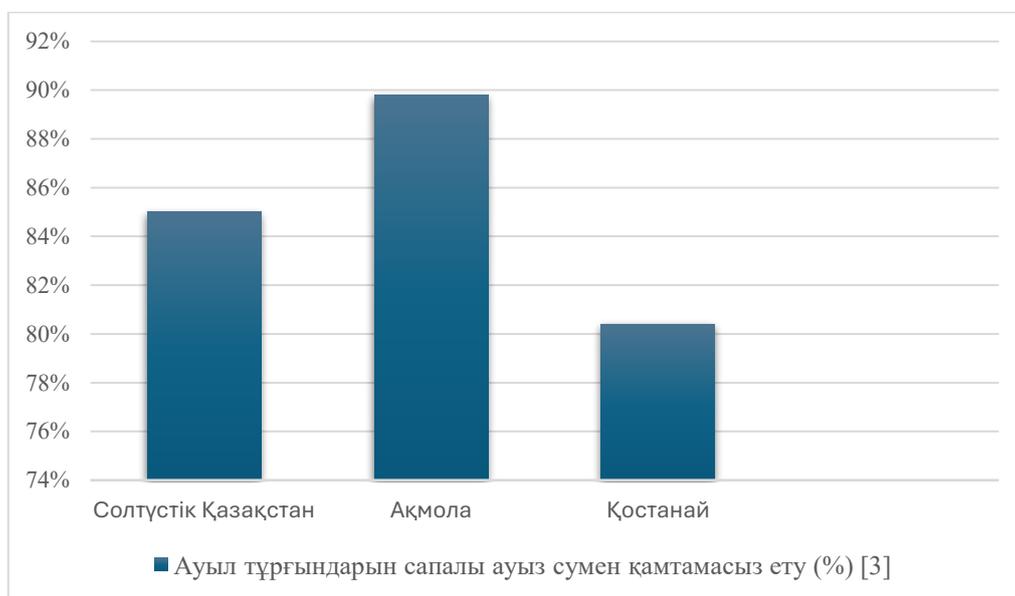
- *Апаттық жағдайлар және су жоғалту.* Ескірген құбырлардағы жиі орын алатын ақаулар салдарынан су шығыны ұлғаяды. Құбырлардағы жарықтар мен тесіктерден су ағып кетіп, жерге сіңіп кетеді немесе ауаға буланады, бұл ресурстардың тиімсіз пайдаланылуына әкеледі.

Келесі көтеріліп отырған ең үлкен мәселенің бірі қаржыландырудың жетіспеушілігі. 2024 жылы 3100 шақырым су құбыры жаңартылып, 375 ауылды сапалы сумен қамтамасыз ету үшін 33 жоба жүзеге асырылды [2]. Мемлекеттік бағдарламалар аясында жыл сайын сумен жабдықтау саласына бөлінетін қаржы көлемі ұлғайып келеді, алайда кейбір өңірлерде әлі де инвестиция тапшылығы байқалады. Бұл әсіресе инфрақұрылымы ескірген және шалғай орналасқан ауылдарда күрделі мәселенің бірі болып табылады. Инфрақұрылымды жаңғыртуға, жаңа су құбырларын тартуға және суды тазарту жүйелерін орнатуға қомақты қаражат қажет. Алайда көптеген ауылдарда бұл жұмыстарды қаржыландыруға қажетті ресурстар жетіспейді. Қазақстанда ауылдарды сумен қамтамасыз ету үшін мемлекеттік бағдарламалар жүзеге асырылып жатқанымен, қаржыландыру көлемі барлық ауылдарға жеткіліксіз. Үкімет жыл сайын су жүйелерін дамытуға қаражат бөлгенімен, бұл қаржы барлық қажеттілікті өтей алмайды. Көптеген ауылдық өңірлерде қаржыландыру жергілікті бюджеттерден бөлінеді. Бірақ шағын ауылдардың экономикалық мүмкіндіктері шектеулі болғандықтан, олар қажетті қаражатты толық қамтамасыз ете алмайды. Су жүйесін дамытуға жеке сектордың қатысуы төмен деңгейде. Себебі инвесторлар үшін ауылдық су инфрақұрылымын дамыту коммерциялық тұрғыдан тиімді емес. Сумен жабдықтау жүйесі ұзақ мерзімді инвестицияны қажет етеді, ал ауыл халқының төлем қабілеті төмен болуы мүмкін. Шалғай ауылдарда су құбырларын тарту, жаңа су көздерін табу және тазарту қондырғыларын орнату үлкен шығындарды талап етеді. Көп жағдайда бұл жұмыстар қымбатқа түсіп, оларды жүзеге асыру ұзақ уақытқа созылады.

Су инфрақұрылымын дамыту – тек халықты сумен қамтамасыз етудің ғана емес, экологиялық тұрақтылықты сақтаудың да маңызды шарты. Қазақстанда су көздерінің ластануы да ауыз су мәселесін қиындатып отыр. Өнеркәсіп орындарының, ауыл шаруашылығының қалдықтары өзендер мен көлдерге төгіліп, су сапасын нашарлатады. Бұл ауыз су ретінде қолданылатын судың сапасын төмендетеді.

Ауылдық жерлерде ауыз су көбіне құдықтардан, өзен-көлдерден немесе жер асты суларынан алынады. Алайда, бұл су көздері әрдайым қауіпсіз бола бермейді. Су құрамында түрлі зиянды қоспалар, ауыр металдар, нитраттар, бактериялар мен вирустар болуы мүмкін. Тазарту жүйесінің болмауы немесе дұрыс жұмыс істемеуі нәтижесінде тұрғындар сапасыз суды тұтынуға мәжбүр болады. Бұл ішек инфекциялары, асқазан-ішек аурулары және басқа да денсаулыққа қауіпті жағдайлардың пайда болуына себепші болады.

Шағын елді мекендерді сумен қамтамасыз етуде кездесетін негізгі мәселелердің бірі – географиялық қиындықтар. Қазақстанның кең байтақ аумағы, әртүрлі табиғи ландшафттар және климаттық ерекшеліктері кейбір аймақтарда су жүйесін дамытуға кедергі келтіреді. Ауылдық жерлердің шалғай орналасуы, жер бедерінің күрделілігі және су көздерінің тапшылығы инфрақұрылымды дамытуды қиындатады. 2023 жылдың статистикасына сүйенер болсақ, 9 облыста қала тұрғындары 100% сумен қамтамасыз етілгенімен, ауылдық жерлерде бұл көрсеткіш төмен (1-сур.).



1-сурет – Қазақстандағы ауыл тұрғындарының сапалы ауыз сумен қамтылуы

Бұл аймақтарда табиғи су көздерінің қолжетімділігі, инфрақұрылымның тозуы және қаржыландыру мәселелері су жүйесін дамытуға кедергі келтіруде.

Көптеген ауылдар өзен-көлдерден алыс орналасқан, ал кейбір аймақтарда табиғи су көздері мүлде жоқ. Мұндай жерлерде халық жер асты суларын немесе жиналған жаңбыр суларын пайдалануға мәжбүр. Бірақ жер асты сулары барлық жерде бірдей қолжетімді бола бермейді, ал олардың сапасы мен минералдық құрамы әртүрлі. Кейбір жерлерде су тұзды немесе минералдарға тым бай болғандықтан, оны тұтыну денсаулыққа зиян келтіруі мүмкін.

Шағын елді мекендердегі сумен қамтамасыз ету мәселесін шешу үшін кешенді шаралар қажет. Ең алдымен, ескірген инфрақұрылымды жаңарту және жаңа су жүйелерін салу маңызды. Бұл жұмыстарды тиімді жүзеге асыру үшін

мемлекеттік бағдарламалар қабылданып, олардың орындалуы бақылауға алынуы тиіс. Қаржыландыруды арттыру мақсатында халықаралық ұйымдар мен жеке сектордың инвестицияларын тарту қажет. Су сапасын жақсарту үшін заманауи тазарту технологияларын енгізу маңызды, бұл халықтың денсаулығын қорғауға ықпал етеді.

Географиялық қиындықтарға бейімделу үшін әр өңірдің табиғи ерекшеліктеріне сай шешімдер қабылданып, суды сақтау қоймаларын салу, жаңбыр суын жинау және жер асты суларын тиімді пайдалану жолдары қарастырылуы тиіс. Энергия шығынын азайту үшін күн және жел энергиясын қолданатын су айдау станцияларын дамыту қажет. Сонымен қатар, тұрғындарды суды үнемдеуге үйрету және су ресурстарын тиімді пайдалануға бағытталған ақпараттандыру жұмыстары жүргізілуі керек.

Қорытындылай келе, ауыз сумен қамтамасыз ету – елдің әлеуметтік-экономикалық дамуы мен халықтың өмір сапасын жақсартуға бағытталған маңызды мәселе. Қазақстанда бұл бағытта бірқатар мемлекеттік бағдарламалар жүзеге асырылып, инфрақұрылымды жаңарту, су көздерін қорғау және су сапасын жақсарту бойынша түрлі шаралар қолға алынғанымен, әлі де шешуді қажет ететін мәселелер бар.

Су ресурстарын тиімді пайдалану, заманауи технологияларды енгізу және ауылдық аймақтарды тұрақты сумен қамтамасыз ету арқылы ғана елдің тұрақты дамуын қамтамасыз етуге болады. Халықтың денсаулығы мен тұрмыс сапасын жақсарту үшін мемлекет, жеке сектор және қоғам бірлесе әрекет етуі тиіс. Осы бағыттағы кешенді жұмыстар жүйелі түрде жүргізілген жағдайда, еліміздің барлық аймақтары сапалы ауыз суға қол жеткізіп, халықтың өмір сүру деңгейі айтарлықтай жақсарады.

Әдебиеттер:

1. Мемлекеттік органдардың интернет-ресурстарының бірыңғай платформасы.
2. ҚР – ның Премьер-Министрінің ресми ақпараттық ресурсы.

ӘӨЖ 696.1

Бижанова Д.Р., ИЖЖ-31 СҚФ (Л.Н. Гумилёв атындағы ЕҰУ)

Утепбергенова Л.М., т.ғ.к., доцент м.а. СҚФ (Л.Н. Гумилёв атындағы ЕҰУ)

ВІМ – ҒИМАРАТТАР МЕН ИМАРАТТАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫСЫН ЖОБАЛАУДАҒЫ ИНЖЕНЕРЛІК ЖҮЙЕЛЕР МЕН ЖЕЛІЛЕР БАСҚАРМАСЫ

ВІМ технологиясының арқасында су желілерін ғимараттың басқа инженерлік жүйелерімен тиімді біріктіруге болады. Сумен жабдықтауды жобалауда Revit пайдалану есептеулердің дәлдігін едәуір жақсартады, ынтымақтастықты жеңілдетеді және қателіктердің ықтималдығын азайтады.

Түйін сөздер: ВІМ, ғимараттарды ақпараттық модельдеу, ішкі сумен жабдықтау, инженерлік жүйелер, 3D модельдеу, Revit, гидравликалық есептеу, инженерлік үйлестіру, цифрлық жоба, құрылыс автоматтандыруы, ВІМ ортасы, жобалау тиімділігі.

Благодаря BIM-технологиям можно эффективно интегрировать водопроводные сети с другими инженерными системами здания. Использование Revit в проектировании водоснабжения существенно повышает точность расчетов, упрощает совместную работу и снижает вероятность ошибок.

Ключевые слова: BIM, информационное моделирование зданий, внутреннее водоснабжение, инженерные системы, 3D-моделирование, Revit, гидравлические расчёты, инженерная координация, цифровой проект, автоматизация строительства, BIM-среда, эффективность проектирования.

Thanks to BIM technologies, it is possible to effectively integrate water supply networks with other building engineering systems. Using Revit in water supply design significantly improves the accuracy of calculations, simplifies collaboration, and reduces the likelihood of errors.

Keywords: BIM, Building Information Modeling, internal water supply, engineering systems, 3D modeling, Revit, hydraulic calculation, engineering coordination, digital design, construction automation, BIM environment, design efficiency.

Ғимараттарды ақпараттық модельдеу (BIM) – бұл оның кезеңдеріне сәйкес ғимараттың ақпараттық моделі жасалып, жетілдірілетін процесс.

Building Information Model (BIM) – ақпаратты қамтитын құрылыс объектісінің моделі, олар цифрлық технологияларды қолдану арқылы өңделетін және автоматтандырылған жүйелердің көмегімен инженерлік мәселелердің шешіміне қол жеткізе алатындай ұйымдастырылған, бұл ретте ақпарат түріне, сандық және математикалық талдау мүмкіндігіне, динамикалық модельді жаңарту мүмкіндігіне қарамастан, қамтылған ақпараттың өзара байланысы міндетті болып табылады [1].

Ғимараттың өмірлік циклін ескере отырып, ғимараттың ақпараттық моделі мамандандырылған автоматтандырылған жүйемен басқарылатын және бақыланатын жалпы ғимарат туралы өзара байланысты ақпараттың жиынтығы деп айтуға болады.

BIM артықшылығы – барлық жобалау және құрылыс перспективаларын бірыңғай ақпараттық модельге біріктіру. Бұл сәулетшілерге, инженерлерге, құрылысшыларға және жобаның басқа қатысушыларына дәлсіздіктерді, одан әрі қателіктер мен түсініспеушіліктерді азайту арқылы тығыз ынтымақтастықта жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Әр пән өзінің оқшауланған кеңістігінде жұмыс істейтін дәстүрлі әдістерден айырмашылығы, BIM барлық деректер өзекті және қол жетімді болатын бірыңғай ақпараттық кеңістікті қамтамасыз етеді.

Инженерлік жүйелерді жобалаудың заманауи әдістері қарқынды дамып келеді және BIM (Building Information Modeling) технологияларын пайдалану сумен жабдықтауды жобалауда стандартқа айналуда. Дәстүрлі 2D сызбаларынан айырмашылығы, BIM жүйенің әр элементі туралы толық ақпараты бар егжей-тегжейлі 3D модельдерін жасауға мүмкіндік береді.

1. BIM-сумен жабдықтауды жобалаудың негізгі принциптері

BIM ортасында ішкі сумен жабдықтауды жобалау ғимараттың барлық инженерлік желілерін бірыңғай цифрлық модельге біріктіруге негізделген. Бұл мүмкіндік береді:

- жабдықтар мен құбырлардың нақты физикалық параметрлерін ескеруге;
- жүйенің гидравликалық сипаттамаларын автоматты түрде есептеуге;

– инженерлік коммуникациялар арасындағы қақтығыстарды анықтауға (мысалы, құбырлар мен электр кабельдерінің қиылысы);

– сатып алу мен құрылысты жеңілдететін материалдардың динамикалық сипаттамасын жасауға.

Жобалаудың маңызды кезеңі – суды тұтынуды талдау, сорғы жабдықтарын таңдау және жүйедегі су қысымын есептеу. BIM платформасын пайдалану бұл деректерді біріктіруге және жобаны нақты уақыт режимінде реттеуге мүмкіндік береді.

2. BIM сумен жабдықтауды жобалау бағдарламалық шешімдері

Инженерлік жүйелердің 3D BIM дизайнын қолдайтын бірнеше танымал бағдарламалық шешімдер бар [2]:

– Revit MEP – Autodesk жасаған ең танымал платформалардың бірі. Сумен жабдықтау желілерін модельдеуге, есептеулерді автоматтандыруға және жүйенің жұмысын талдауға мүмкіндік береді;

– Autodesk Civil 3D жобалаудағы бағдарламалық құралы құрылыс инженерлеріне 3D үлгілеріне негізделген ортада инфрақұрылымға қатысты күрделі тапсырмаларды шешуге мүмкіндік береді;

– BIM 360 – бұл Autodesk компаниясының бұлтқа негізделген шешімі, ол инженерлер мен құрылысшылардың жобалар бойынша бірлескен жұмысын ұйымдастыруға мүмкіндік береді;

– MagiCAD for Revit & AutoCAD – ішкі сумен жабдықтауды қоса алғанда, инженерлік жүйелерді модельдеуге арналған кеңейтім.

Бұл бағдарламалар инженерлерге сантехникалық жүйелердің нақты 3D модельдерін жасауға, су ағынын ескеруге, жүктемелерді талдауға және дизайн кезеңінде қателіктердің алдын алуға көмектеседі.

3. BIM сумен жабдықтауды жобалаудың негізгі кезеңдері

BIM-дегі ішкі су жүйесін жобалау процесі бірнеше негізгі қадамдарды қамтиды[3]:

– бастапқы деректерді жинау – тапсырыс берушінің талаптарын талдау, су тұтыну мен қысымды есептеу;

– 3D-модель құру – құрылыс нормаларын ескере отырып, жабдықты (сорғы станцияларын, құбырларды, бекіту арматурасын) орналастыру;

– гидравликалық талдау – қысымның жоғалуын, құбырлардың өткізу қабілетін автоматты түрде есептеу;

– инженерлік жүйелерді үйлестіру – әртүрлі инженерлік желілер (HVAC, электрмен жабдықтау және т.б.) арасындағы қақтығыстарды жою;

– жұмыс құжаттамасын жасау – техникалық сипаттамаларды, материалдар тізімдемелерін, сызбаларды автоматты түрде жасау.

Осы кезеңдердің әрқайсысы дәстүрлі дизайн әдістерімен салыстырғанда BIM технологияларын қолдану арқылы айтарлықтай жеделдетіледі.

4. Сумен жабдықтауды жобалау үшін BIM пайдаланудың артықшылықтары:

– жоғары дәлдік – параметрлерді автоматты басқару арқылы қателер санын азайту;

- уақытты үнемдеу – дизайн және үйлестіру модель бойынша бірлесіп жұмыс жасау арқылы тезірек жүреді;
- соқтығысуды азайту – құбырлардың басқа инженерлік желілермен қиылысуын болдырмау;
- шығындарды оңтайландыру – қажетті материалдар мен жабдықтардың көлемін алдын-ала бағалау мүмкіндігі;
- икемділік пен масштабталу – дизайнның кез келген кезеңінде өзгерістер енгізудің қарапайымдылығы.

5. Бірыңғай цифрлық ортада бірлесіп жұмыс істеу

ВІМ барлық инженерлік жүйелерді (сумен жабдықтау, жылыту, желдету және т.б.) бір модельге біріктіруге мүмкіндік береді. Бұл:

- әр түрлі инженерлік коммуникациялар арасындағы қақтығыстарды болдырмауға;
- жоба өзгерген кезде ақпаратты автоматты түрде жаңартуға (синхронизация);
- барлық мамандарға бірыңғай цифрлық жобада жұмыс істеуге көмектеседі.

ВІМ енгізудің экономикалық тиімділігі келесі *1-кестеде* көрсетілген[1]:

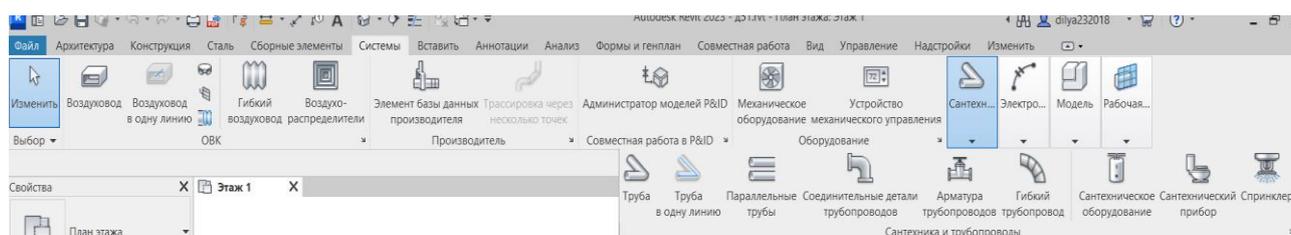
1-кесте

| Параметр | ВІМ-ге дейін | ВІМ-нен кейін | Үнемдеу |
|---------------------------------|--------------|---------------|---------|
| Жобалау уақыты | 6 ай | 4 ай | 30% |
| Сызбалардағы қателер | Жоғары | Минималды | 80% |
| Жобаларды қайта өңдеу шығындары | Жоғары | Төмен | 40% |

Инженерлік жүйелердің ішіндегі бағыттаудың бірі ғимараттардың ішкі су жүйесінің қамтамасыз етуін жобалау бағдарламасы жүзеге асырылады.

Revit-тегі ішкі суды жобалау: заманауи тәсіл

Заманауи ғимараттардағы ішкі сумен жабдықтауды жобалау дәлдікті, басқа инженерлік жүйелермен интеграцияны және стандарттарға сәйкестікті талап етеді. Revit-ті ВІМ дизайн құралы ретінде пайдалану көптеген процестерді автоматтандыруға, қателерді азайтуға және құжаттаманы сәйкестендіруді жылдамдатуға мүмкіндік береді [1].



1-сурет – Autodesk Revit бағдарламасындағы интерфейс

1. Сумен жабдықтау үшін Revit пайдаланудың негізгі артықшылықтары келесідей:

- есептеулерді автоматтандыру. Бағдарлама жүктемелерді, қысымды, су ағынын және құбырлардың кедергісін есептейді;

- визуализация. Жүйенің үш өлшемді көрінісі жобалау кезеңінде ықтимал қателерді анықтауға көмектеседі;

- бірлескен жұмыс. Revit HVAC жүйелерінің инженерлеріне, сәулетшілеріне және дизайнерлеріне желілердің қиылысуын болдырмай, бір ортада жұмыс істеуге мүмкіндік береді;

- нормативтермен интеграция. Revit-те жаңартылған дизайн стандарттарын жүктеуге болады, бұл бұзылу қаупін азайтады.

2. Autodesk Revit бағдарламасындағы жабдықтау жүйесін жобалаудың негізгі кезеңдері:

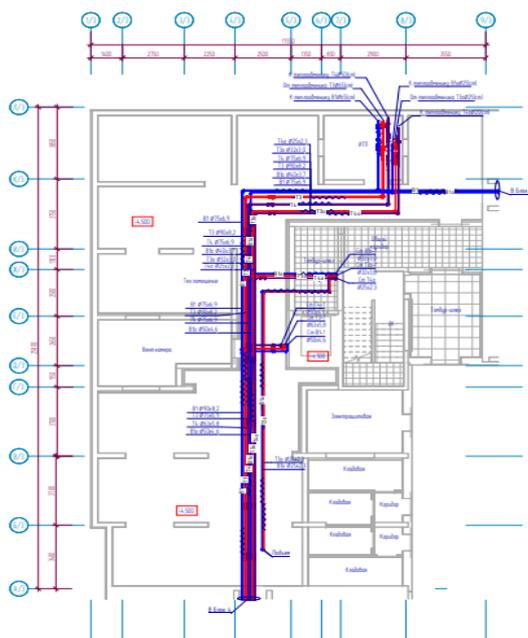
Жобалау сәулеттік модельді, инженерлік жүйелер сұлбаларын және нормативтік талаптарды қамтитын бастапқы деректерді дайындаудан басталады. Autodesk Revit бағдарламасында бастапқы сызбаларды жүктеуге және мамандар арасындағы сәйкессіздікті болдырмайтын бірыңғай ақпараттық кеңістікте жұмыс істеуге болады.

Келесі кезең-сумен жабдықтау моделін құру:

- сантехникалық құрылғыларды орналастыру (раковиналар, дәретханалар, душтар және т.б.);

- оңтайлы бағытты және гидравликалық есептеулерді ескере отырып, құбырларды төсеу;

- ғимарат түріне байланысты құбыр материалдарын таңдау (пластик, болат және т.б.).



2-сурет – Autodesk Revit бағдарламасындағы көп қабатты тұрғын үйдің жертөлесі жоспары

Autodesk Revit бағдарламасындағы гидравликалық есептеу қысымның жоғалуын, су ағынын және ағын режимін (ламинарлы немесе турбулентті) ескере отырып жүзеге асырылады. Бағдарлама жүйе компоненттері өзгерген кезде параметрлерді автоматты түрде реттеуге мүмкіндік береді.

3. Инженерлік жүйелерге арналған Revit негізгі функциялары

– MEP жүйелерін модельдеу

Құбырлардың және электр желілерінің егжей-тегжейлі модельдерін әзірлеу.

Техникалық сипаттамаларды автоматты түрде құру (өлшемдер, материалдар, арматура).

– Автоматтандырылған есептеулер

Құбырларға арналған гидравликалық және аэродинамикалық есептеулер.

Электр желісіндегі жүктемені талдау.

Жабдықты таңдау (сорғылар, вентильдер, желдеткіш қондырғылар).

– Өндірушілердің мәліметтер базасымен жұмыс

Жетекші өндірушілердің жабдықтарын пайдалану (сорғылар, қазандықтар, кондиционерлер).

Басқа BIM бағдарламаларымен үйлесімділік үшін IFC пішіміндегі деректерді импорттау.

– Қайшылықтарды анықтау және Navisworks интеграциясы

Инженерлік коммуникациялар мен жүк көтергіш құрылымдар арасындағы қиылыстарды тексеру.

Құрылыс алдында проблемалық аймақтарды визуализациялау.

Сумен жабдықтауды жобалауда Autodesk Revit бағдарламасын пайдалану есептеулердің дәлдігін едәуір жақсартады, ынтымақтастықты жеңілдетеді және қателіктердің ықтималдығын азайтады. BIM технологиясының арқасында су желілерін ғимараттың басқа инженерлік жүйелерімен тиімді біріктіруге болады.

Жоғарыда келтірілген мысалдар мен зерттеулер нәтижесі, BIM технологиясы, әсіресе дәстүрлі дизайн технологияларымен салыстырғанда, жоғары тиімді технология болып табылады. BIM технологиясын енгізу кәсіпорынға өз жұмысының тиімділігін салыстырмалы түрде едәуір арттыруға және орындалатын жұмыстар мен түпкілікті өнімнің (құрылыс жобасының) сапасын едәуір арттыруға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер:

1. Колчин В.Н. *Применение BIM-технологий в строительстве и проектировании // учебно-методическое пособие. — Выходные данные отсутствуют.*
2. Autodesk. *Official website: Autodesk Building Information Modeling (BIM).* — URL: <https://www.autodesk.com> (дата обращения: указывается по требованиям работы).
3. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.* — 2nd ed. — Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2011. — 648 p.

Қали Ә.М., ст. гр. ТГВ-22-1*(23) МОК (КазГАСА)

Касабекова Г.Т., ассист. проф. МОК (КазГАСА)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В статье рассматривается применение искусственного интеллекта в системах водоснабжения. Рассматриваются ключевые направления использования ИИ: прогнозирование утечек, оптимизация работы насосных станций, контроль качества воды и экономия ресурсов. Также описаны перспективы развития — цифровые двойники, самообучающиеся и полностью автоматизированные системы.

Ключевые слова: искусственный интеллект, водоснабжение, утечки воды, мониторинг сетей, оптимизация энергопотребления, качество воды, цифровые двойники, автоматизация, устойчивое развитие.

Мақалада сумен жабдықтау жүйелерінде жасанды интеллектіні қолдану қарастырылады. Негізгі бағыттар: судың ағып кетуін болжау, сорғы станцияларының жұмысын оңтайландыру, судың сапасын бақылау және ресурстарды үнемдеу. Сондай-ақ болашақ — цифрлық егіздер, өздігінен үйренетін және толық автоматтандырылған жүйелер сипатталған.

Түйін сөздер: жасанды интеллект, сумен жабдықтау, су шығындары, желілердің мониторингі, энергияны оңтайландыру, су сапасы, цифрлық егіздер, автоматтандыру, тұрақты даму.

The report explores the use of artificial intelligence in water supply systems. It highlights key applications such as leak prediction, pump station optimization, water quality monitoring, and resource efficiency. Future developments include digital twins, self-learning systems, and fully automated management solutions.

Keywords: artificial intelligence, water supply, water leakage, network monitoring, energy optimization, water quality, digital twins, automation, sustainable development.

Водоснабжение — одна из ключевых сфер, от которой напрямую зависит качество жизни людей, работа промышленности и развитие сельского хозяйства. Однако в последние годы системы водоснабжения сталкиваются с серьёзными проблемами: старением инфраструктуры, потерями воды, ростом затрат на энергоресурсы и изменением климата. Чтобы справиться с этими вызовами, традиционных методов управления становится недостаточно. Именно поэтому всё больше внимания уделяется использованию современных технологий, в том числе искусственного интеллекта (ИИ).

ИИ в водоснабжении выполняет сразу несколько важных ролей. Прежде всего, он позволяет автоматизировать контроль за состоянием водопроводных сетей. За счёт постоянного сбора данных с датчиков давления, расхода воды и качества её состава, ИИ способен мгновенно обнаруживать отклонения и предупредить о возможных авариях ещё до их возникновения.

Кроме того, ИИ помогает в оптимизации работы насосных станций и распределительных сетей. За счёт интеллектуального анализа данных можно регулировать давление и скорость подачи воды таким образом, чтобы избежать излишнего энергопотребления и продлить срок службы оборудования.

Отдельно стоит отметить возможности ИИ в мониторинге качества воды. Системы на базе искусственного интеллекта в реальном времени анализируют параметры воды, оперативно выявляя загрязнения. Это позволяет быстрее принимать меры для защиты здоровья населения.

Также ИИ используется для прогнозирования потребления воды. Он учитывает погодные условия, время суток, сезонные колебания и поведение потребителей, помогая водоканалам лучше планировать ресурсы и предотвращать дефицит воды.

Таким образом, роль ИИ в водоснабжении сводится к повышению надёжности, экономичности и устойчивости всей системы. Его внедрение позволяет не только оперативно реагировать на возникающие проблемы, но и заранее предотвращать их, что особенно важно в условиях растущего давления на водные ресурсы.

Искусственный интеллект (ИИ) становится одним из главных инструментов решения актуальных проблем водоснабжения. Традиционные методы эксплуатации водопроводных сетей часто не успевают за ростом потребностей населения и износом инфраструктуры, а высокие потери воды и большие энергозатраты требуют новых подходов. ИИ помогает справляться с этими вызовами благодаря способности анализировать большие массивы данных, выявлять скрытые закономерности и принимать оптимальные решения в режиме реального времени.

1. Раннее обнаружение утечек воды

Одна из самых серьёзных проблем в водоснабжении — скрытые утечки. В среднем, по данным журнала *Water Resources Management* [1], потери воды в городских сетях могут достигать 20–30% от общего объема. ИИ-системы, анализируя данные с датчиков давления, акустических сенсоров и расходомеров, могут выявлять утечки на самых ранних стадиях, когда потери ещё минимальны. Например, в Сингапуре использование системы *AI Leak Detection* позволило сократить утечки на 5%, что дало значительную экономию воды и средств. В отличие от традиционных методов поиска повреждений, ИИ быстро обрабатывает данные и предлагает точные зоны для проверки.

2. Предотвращение аварийных ситуаций

ИИ способен не только фиксировать уже произошедшие поломки, но и предсказывать возможные аварии. Используя машинное обучение, системы анализируют состояние трубопроводов, динамику изменений давления и другие параметры. Это позволяет планировать ремонтные работы заранее и избегать серьёзных разрушений сетей. Подобный подход описан в работах Т.С.Р. Мурти и коллег [1], где модели машинного обучения успешно предсказывали вероятность повреждений водопроводных систем.

3. Оптимизация энергопотребления насосных станций

Перекачка воды требует значительных затрат электроэнергии. ИИ позволяет оптимизировать работу насосов, подбирая наиболее эффективные режимы в зависимости от фактического потребления воды. Это не только снижает расходы, но и продлевает срок службы оборудования. Так, в Лондоне внедрение ИИ-систем позволило снизить энергозатраты на работу насосных станций на 20%, благодаря управлению нагрузкой в реальном времени.

4. Мониторинг и улучшение качества воды

Контроль качества воды традиционно связан с лабораторными исследованиями, что требует времени и ресурсов. ИИ-системы, как описано в статье *Machine Learning for Water Quality Monitoring* (К.Р. Shveta и др.) [2], используют данные с онлайн-датчиков для анализа параметров воды: уровня pH, содержания хлора, мутности и температуры. ИИ не только фиксирует нарушения, но и предсказывает возможные изменения качества воды, что особенно важно для предотвращения экологических и санитарных рисков.

5. Управление потреблением воды и ресурсами

ИИ также помогает оптимизировать распределение воды, учитывая погодные условия, сезонность и поведение потребителей. В Израиле система *AI Water Demand Prediction* позволила снизить перерасход воды на 15%, что стало возможным благодаря прогнозированию спроса и адаптивному регулированию подачи.

Развитие искусственного интеллекта (ИИ) открывает новые горизонты для систем водоснабжения. Уже сегодня внедрение интеллектуальных решений позволяет повысить надёжность сетей, сократить потери воды и оптимизировать эксплуатационные расходы. Однако в ближайшем будущем масштабы применения ИИ значительно расширятся, а сами технологии станут более автономными, адаптивными и эффективными.

1. Цифровые двойники водоснабжающих систем

Одним из перспективных направлений является создание цифровых двойников водопроводных сетей. Как отмечено в статье Н.С. Петрова «Цифровые двойники водоснабжения» [4], цифровой двойник представляет собой виртуальную копию реальной системы, в которой моделируются различные сценарии работы, ремонтов и аварий без риска для реальной инфраструктуры.

Использование цифровых моделей позволяет предсказывать последствия различных воздействий — например, засух, наводнений или изменения потребительской нагрузки — и заранее планировать меры по предотвращению проблем.

В Нидерландах, например, цифровые двойники уже применяются для прогнозирования расходов воды и минимизации последствий засух, что особенно важно в условиях глобального изменения климата.

2. Самообучающиеся системы управления

Следующим этапом станет внедрение самообучающихся ИИ-систем, способных самостоятельно анализировать огромные объемы данных, выявлять новые зависимости и адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации.

Такие системы смогут автоматически корректировать режим работы насосов, регулировать подачу воды и заблаговременно предупреждать о возможных неисправностях.

Как показывают исследования, представленные в *Water Resources Management* [1], переход к самообучающимся ИИ-моделям позволит сократить энергопотребление, увеличить срок службы оборудования и повысить устойчивость водоснабжения при нестабильных погодных условиях.

3. Полная автоматизация водоснабжения

В перспективе системы водоснабжения смогут функционировать практически без участия человека. Искусственный интеллект будет управлять всеми этапами — от забора воды до контроля её качества и распределения между потребителями.

Такие проекты уже тестируются в Японии, где внедряются ИИ-системы, автоматически регулирующие давление в трубах и предотвращающие аварии без участия операторов. По данным испытаний, риск аварийных ситуаций снижается на 30%.

Полная автоматизация особенно актуальна в контексте развития концепции «умных городов» (*Smart City*), где ИИ будет интегрирован в общую систему управления инфраструктурой: транспортом, энергетикой, водоснабжением и экологией.

4. Интеграция с изменяющимися климатическими условиями

В будущем ИИ станет незаменимым помощником в адаптации водоснабжающих систем к новым климатическим вызовам. Он будет учитывать долгосрочные изменения погоды, прогнозировать периоды засухи или интенсивных осадков и помогать планировать использование ресурсов наиболее рационально.

Такая интеграция сделает водоснабжение не только более эффективным, но и устойчивым к внешним стрессовым факторам, обеспечивая надёжность снабжения даже в экстремальных условиях.

Современные вызовы в сфере водоснабжения требуют качественно новых подходов к управлению ресурсами и инфраструктурой. Износ сетей, потери воды, растущая нагрузка на насосные станции и изменение климата — всё это делает работу традиционных систем всё менее устойчивой и всё более затратной.

На этом фоне применение искусственного интеллекта уже доказало свою эффективность. Он не просто автоматизирует отдельные процессы, а кардинально меняет сам подход к управлению: от реактивного — к проактивному. ИИ позволяет заранее предсказывать утечки, оптимизировать подачу воды, снижать энергозатраты и мгновенно реагировать на изменения качества воды. Это делает систему водоснабжения более надёжной, экономичной и экологически безопасной.

Важно отметить, что развитие ИИ в водной отрасли не останавливается. Технологии быстро совершенствуются, и в ближайшем будущем мы увидим массовое внедрение цифровых двойников, самообучающихся платформ и полностью автоматизированных комплексов управления водоснабжением. Такие решения уже внедряются в Сингапуре, Японии, Нидерландах и других странах, показывая реальные результаты — снижение потерь, повышение устойчивости и эффективности.

В условиях растущего населения и глобальных климатических изменений искусственный интеллект становится не просто удобным инструментом, а необходимым элементом устойчивого развития водоснабжения. Благодаря ИИ у нас появляется реальная возможность не только улучшить текущую ситуацию, но и создать систему, способную адаптироваться к вызовам будущего.

Литература:

1. Murthy, T. S. R., Anjaneyulu, K. S. R., & Raju, K. R. M. (2019). *AI Applications in Water Supply Systems. Water Resources Management, Vol. 33, No. 8, pp. 2785–2801.*
2. Shveta, K. P., Anjaneyulu, K. S. R., & Raju, K. R. M. (2020). *Machine Learning for Water Quality Monitoring. Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 192, No. 6, pp. 1–14.*
3. Коновалов М.В. ИИ в управлении водными ресурсами // Журнал экологических технологий. – 2021. – № 4. – С. 45–52.
4. Петров Н.С. Цифровые двойники водоснабжения // Инновации и технологии в водоснабжении. – 2022. – № 2. – С. 18–26.

УДК 628.113.1(274)

Музыка А.А., ст. гр. ТГВ-22-1*(23), МОК (КазГАСА)
Касабекова Г.Т., ассист.проф., МОК (КазГАСА)

ДОБЫЧА ЭНЕРГИИ ИЗ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

В статье рассматриваются вопросы о способе получения электроэнергии при помощи гидротурбин в водопроводных сетях, а также об улучшении гидроэлектростанции.

Ключевые слова: водопроводные сети, микро-ГЭС, гидротурбина, генерация электроэнергии, устойчивая энергетика, энергоэффективность, городская инфраструктура, LucidPipe, возобновляемые источники энергии.

Мақалада су құбырлары желілеріндегі гидротурбиналар арқылы электр энергиясын алу әдісі және гидроэлектростанцияны жетілдіру мәселелері қарастырылады.

Түйін сөздер: су құбыры желілері, микро-СЭС, гидротурбина, электр энергиясын өндіру, орнықты энергетика, энергия тиімділігі, қалалық инфрақұрылым, LucidPipe, жаңартылатын энергия көздері.

The article examines the way to obtain electricity from hydro-turbines in water supply networks, as well as the improvement of hydroelectric power plants.

Keywords: water supply networks, micro-hydropower, hydroturbine, electricity generation, sustainable energy, energy efficiency, urban infrastructure, LucidPipe, renewable energy sources.

Использование новых технологий подталкивает к преобразованию имеющейся инфраструктуры для производства электроэнергии. Одним из перспективных направлений в этой области является опыт преобразования водопроводных инженерных сетей и электричества. Вода, движущаяся под давлением в трубах, имеет значительный потенциал энергии, которую легко преобразовать в электричество через гидротурбину и примыкающий к ней генератор. Данная технология

применяется в разных странах мира (США, Швейцария) и, хорошо подойдет и казахстанским условиям. В данной работе представлена суть работы водопроводных систем генерации электричества, их преимущества, примеры использования и перспективы применения в Казахстане.

Генерация электроэнергии в водопроводной системе основана на установке малых гидротурбин в местах с повышенным давлением воды. В отличие от традиционных ГЭС здесь не нужны плотины и специальные резервуары. Основные части системы:

- Гидротурбина – установлена внутри трубы и преобразует энергию потока воды в механическую, которые вращались бы за счёт течения по трубам питьевой воды, в местах естественного склона.

- Генератор – закреплен к турбине и преобразует механическую энергию в электрическую.

- Контроллер и инвертор – поддерживающие напряжение и частоту выходного тока.

Главным преимуществом технологии является полное отсутствие какого-либо негативного воздействия на окружающую среду, а также невысокая себестоимость полученной таким способом электроэнергии. Разумеется, мощности одной установки вряд ли хватит на электроснабжение даже пары домов, учитывая диаметр трубы, однако несколько мини-ГЭС уже способны полностью взять на себя снабжение школы или другого государственного учреждения, а также снизить расходы на электроэнергию местных жителей.

Также размещение в водопроводе связки «гидротурбина+генератор» способствует снижению тарифной стоимости питьевой воды за счёт уменьшения затрат на электроснабжение устройств по её очистке. Вдобавок ко всем описанным преимуществам разработки турбины оснащаются специальными датчиками для определения основных параметров воды на обозначенном участке, что должно упростить работу коммунальным службам. При этом, как отмечают эксперты, вставки из специальных секций труб с размещенной в них турбиной диаметром 107 см лишь незначительно повлияют на скорость течения воды и не потребуют внесения корректировок в штатный режим функционирования всей системы городского водоснабжения [1, 2].

Если рассматривать такую систему, то можно выделить главные положительные и негативные стороны:

Преимущества

- Экологичность – без дополнительного потребления воды.
- Использование существующей инфраструктуры – минимальные затраты на строительство.

- Снижение энергозатрат на водоснабжение – часть энергии может использоваться для насосных станций.

Недостатки

- Высокие начальные инвестиции.
- Необходимость замена старых трубопроводов.
- Разные параметры давления в сети требуют индивидуального проектирования.

Примеры на практике:

1. Lucid Energy (США)

Американская компания Lucid Energy разработала систему LucidPipe, которая устанавливается в водопроводных трубах и генерирует электричество. Пилотный проект в Портленде показал, что система может снабжать энергией уличное освещение и здания.

В большинстве трубопроводов для передачи воды под действием силы тяжести необходимо снизить избыточное давление, чтобы предотвратить ненужное напряжение на трубопроводе и уменьшить количество утечек. Обычно это достигается с помощью редуцирующих клапанов, которые, по сути, сжигают это избыточное давление в виде тепла. Система LucidPipe вместо этого преобразует его в недорогую электроэнергию, тем самым устраняя нежелательное давление и одновременно генерируя энергию, которую можно использовать за пределами сети или вернуть в сеть. Система LucidPipe извлекает небольшую долю давления, обеспечивая почти невидимую работу, позволяя операторам водоснабжения выполнять свою основную задачу по доставке воды потребителям. [3 , 4]

2. ETH Zurich (Швейцария)

ETH Zurich (Швейцарская высшая техническая школа Цюриха) активно разрабатывает и внедряет инновационные технологии в сфере водоснабжения и энергетики. Одним из таких решений является улучшения и модернизация уже имеющихся ГЭС

Описание конструкции и принцип работы:

1. Турбины LucidPipe:

LucidPipe использует уникальную, основанную на подъеме, вертикальную сферическую турбину, которая помещается внутри труб большого диаметра (24” 60”). Вода проходит через гидродинамическую турбину, генерируя энергию по мере вращения турбины. Гидродинамическая турбина была тщательно спроектирована и протестирована в лаборатории для максимизации эффективности и генерации энергии без прерывания потока воды. С увеличением скорости увеличивается и производство энергии. Благодаря конструкции на основе подъема LucidPipe, система генерирует энергию в очень широком диапазоне условий потока, объемов и скоростей. LucidPipe извлекает очень небольшое давление на каждую турбину, всего 1-4 метра. Это позволяет модульной системе LucidPipe быть установлена последовательно, обеспечивая при этом непрерывный поток воды. Количество генерируемой электроэнергии за счёт монтажа секций с турбинами и генераторами, составит около 1,1 ГВт/год. Если посчитать, что в среднем жильцами одного частного домовладения расходуется 300–400 кВт/ч в месяц, то генерируемой электроэнергии хватит на полное обеспечение электричеством примерно 250 домов [5, 6, 7].

2. ETH Zurich

ETH Zurich (Швейцарская высшая техническая школа Цюриха) активно разрабатывает и внедряет инновационные технологии в сфере водоснабжения и энергетики. Одна из их статей указывает их ближайшие к реальности модернизации ГЭС, и вот одни из них:

Управление уровнями воды в водоёмах

Учёные разрабатывают новые методы прогнозирования и регулирования уровней воды в реках и озёрах. Это особенно важно в условиях изменения климата, чтобы гидроэлектростанции могли эффективно работать даже при нестабильных осадках и таянии ледников.

Оптимизация пескоулавливателей

Песок и гравий, которые переносятся водой, могут повреждать турбины. EТН предлагает улучшенные инженерные конструкции пескоулавливателей, которые более эффективно задерживают осадки, снижая износ оборудования и затраты на обслуживание.

Байпасные (обводные) тоннели

Эти конструкции позволяют отводить мутную воду и осадки в обход водохранилища, предотвращая его заиливание. Это особенно полезно для продления срока службы водохранилищ и сохранения их объёма [8].

Экологическая устойчивость

Все предлагаемые решения учитывают минимизацию воздействия на окружающую среду: поддержание рыбных популяций, сохранение экосистем и уменьшение вмешательства в естественный водный баланс.

Возможности применения в Казахстане

Казахстан обладает развитой системой водоснабжения, что делает технологию перспективной для внедрения. Особенно полезной она может быть в крупных городах (Алматы, Астана) и аграрных регионах (Туркестан, Кызылорда). Использование водопроводных турбин поможет снизить затраты на электроэнергию и повысить энергоэффективность инфраструктуры.

Заключение

Технология генерации электроэнергии из водопроводных инженерных систем является инновационным и перспективным направлением. Она позволяет использовать существующую инфраструктуру для добычи энергии, снижая нагрузку на традиционные источники электроэнергии. Внедрение данной технологии в Казахстане может привести к значительной экономии и развитию устойчивой энергетики.

Литература:

1. *Portland to generate electricity within its own water pipes* [Электронный ресурс]. – *New Atlas*. – Режим доступа: <https://newatlas.com> (дата обращения: 13.01.2026).
2. *Получение электричества из водопроводных труб* [Электронный ресурс]. – *Facte.eu*. – Режим доступа: <https://facte.eu> (дата обращения: 13.01.2026).
3. *Водопроводное электричество* [Электронный ресурс]. – *Engineering-ru.livejournal.com*. – Режим доступа: <https://engineering-ru.livejournal.com> (дата обращения: 13.01.2026).
4. *В США инженеры превращают обычный водопровод в мини-гидроэлектростанции* [Электронный ресурс]. – *QazaqGreen*. – Режим доступа: <https://qazaqgreen.com> (дата обращения: 13.01.2026).
5. *Водопроводная ГЭС уже работает* [Электронный ресурс]. – *Open-Dubna.ru*. – Режим доступа: <https://open-dubna.ru> (дата обращения: 13.01.2026).
6. *Гидроэлектростанции в системе городского водопровода штата Орегон* [Электронный ресурс]. – *Techvesti.ru*. – Режим доступа: <https://techvesti.ru> (дата обращения: 13.01.2026).

7. США: как превратить водопровод в гидроэлектростанцию [Электронный ресурс]. – Forbes Kazakhstan. – Режим доступа: <https://forbes.kz> (дата обращения: 13.01.2026).
8. Strengthening Swiss hydropower with science [Электронный ресурс]. – ETH Zurich. – Режим доступа: <https://baug.ethz.ch> (дата обращения: 13.01.2026).

УДК 626.81

Оразымбет Қ.Б., ст. гр. ВК-21-1* МОК (КазГАСА)
Джартаева Д.К., ассоц. проф., к.т.н, доцент МОК (КазГАСА)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИРРИГАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭКОНОМНОМ ВОДОБЕСПЕЧЕНИИ

В статье рассматриваются причины и последствия нехватки воды для ирригации, а также предлагаются возможные пути решения проблемы, включая улучшение водосбережения, внедрение эффективных методов орошения и развитие альтернативных источников водоснабжения.

Ключевые слова: ирригация, дефицит водных ресурсов, водосберегающие технологии, дождевальное орошение, микродождеватели, Центральная Азия, сельское хозяйство, засоление почв, модернизация оросительных систем, управление водными ресурсами.

Мақалада суару үшін су тапшылығының себептері мен салдары қарастырылады және мәселені шешудің ықтимал жолдары, соның ішінде суды үнемдеуді жақсарту, тиімді суару әдістерін енгізу және баламалы су көздерін дамыту ұсынылады.

Түйін сөздер: ирригация, су ресурстарының тапшылығы, су үнемдеу технологиялары, жаңбырлатып суару, микро жаңбырлатқыштар, Орталық Азия, ауыл шаруашылығы, топырақтың тұздануы, суару жүйелерін жаңғырту, су ресурстарын басқару.

The article examines the causes and consequences of water scarcity for irrigation, and suggests possible solutions to the problem, including improving water conservation, introducing effective irrigation methods, and developing alternative water sources.

Keywords: irrigation, water scarcity, water-saving technologies, sprinkler irrigation, micro-sprinklers, Central Asia, agriculture, soil salinization, modernization of irrigation systems, water resource management.

1 ВВЕДЕНИЕ

Вода играет ключевую роль в развитии сельского хозяйства, особенно при использовании ирригационных систем, которые обеспечивают рост сельхозкультур. Однако проблема нехватки поливной воды обостряется на фоне климатических изменений, увеличения численности населения и нерационального расходования водных ресурсов. В странах ЦА аграрные угодья занимают около 73,5% территории, но подавляющая часть этих земель — это пастбища в пустынных и полупустынных зонах. Орошаемые площади составляют лишь 3,5% от общего количества сельхозугодий. При этом 80% всей потребляемой воды в регионе приходится именно на нужды ирригации. Эффективность водопользования остаётся низкой: порядка 40% теряется из-за фильтрации, а более половины орошаемых земель страдают от засоления почвы. [1] Для устранения этих проблем требуется модернизация существующих ирригационных систем и инфраструктуры.

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

За последние годы положение с обеспечением сельского хозяйства водой в ЦА продолжает ухудшаться. Так, в 2021 г. в Мангистауской об. Казахстана из-за засухи произошло массовое вымирание скота. Необычайно высокая температура в это же время затронула Кыргызстан, особенно Чуйскую область, где сосредоточены крупные сельхозугодья. В Узбекистане острый дефицит поливной воды повлек за собой потерю части урожая и рост цен на сезонные овощные культуры. Летом 2022 г. и в течение 2023 г. ситуация с обмелением рек и засухами повторялась. В Жамбылской обл. с апреля 2023 г. фермеры испытывали трудности с водоснабжением из-за перекрытия канала Исмаил. В Атырауской об. основным источником воды остаётся река Жайык, однако из-за износа инфраструктуры, созданной ещё в 1960-х годах, доставка воды до сельхозпроизводителей становится всё более затруднительной. В Казахстане, в условиях дефицита поливной воды, уже второй год подряд уменьшаются посевные площади под рис. Аналогично сокращается выращивание хлопка в пользу более прибыльных культур. Доля сельского хозяйства в формировании валовой добавленной стоимости в стране также снижается: если в 1990 году она превышала 30%, то к 2022 году упала ниже 5% [1].

Специалисты прогнозируют усиление засушливости климата в регионе в ближайшие годы, что усугубит проблему водного дефицита. В такой ситуации развитие эффективных систем орошения приобретает стратегическое значение для обеспечения продовольственной безопасности, повышения занятости и сокращения уровня бедности. В Казахстане значительная часть сельхозугодий остаётся неиспользованной из-за отсутствия возможности организовать полив, несмотря на весеннее поступление талых вод и воды от таяния ледников, которая не накапливается должным образом. В ответ на эту проблему власти намерены внедрить среди фермеров современные технологии, направленные на эффективное накопление и распределение водных ресурсов.

3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сельское хозяйство Китая является крупнейшим потребителем воды, составляя 62,3% от общего объема водопотребления в 2017 году (377 млрд м³). Площадь орошаемых площадей, не обеспечивающих экономию воды, составила 53,6% от общей площади орошаемых площадей страны [3]. Более половины орошаемых земель в Китае не обеспечивают экономию воды. Дождевание, как водосберегающий метод, начало развиваться с 1950-х годов. С 1974 по 1985 годы площадь орошаемых дождеванием земель увеличилась с 0,03% до 1,42%. Однако старые проекты не подходили для новой системы, а урбанизация и расширение ирригации привели к истощению водных ресурсов. В 1990-х годах осознание нехватки воды сделало водосберегающее орошение национальной политикой Китая. В 2008 году началась реформа сельских земель, а также запуск крупных водосберегающих проектов в разных регионах Китая. К концу 2016 г. площадь орошения дождеванием в Китае достигла 4,07 млн га (рис. 1), но только 5,60% от общей орошаемой площади [4].

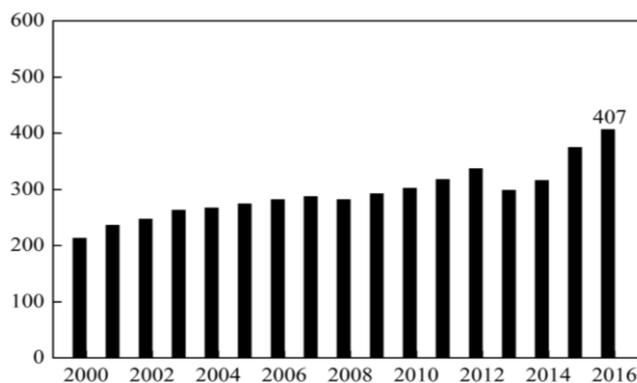


Рисунок 1 – Годовые колебания в дождевальном поливе посевных площадей в Китае

В последние десятилетия Китай разработал технологии дождевания и создал специальное оборудование для ирригации, включая трубопроводные и механические системы.

Схема конструкции микрождевателя, как показано на рис. 2, обеспечивает эффективное удержание влаги и равномерное распределение воды по саду. Эти системы позволяют экономно использовать воду, распыляя или подавая воду непосредственно к корням растений. Перейдя на микрождевательные системы, они повысили коэффициент использования поливной воды с 0,5 до 0,95 в традиционных зонах дождевания и достиг 0,9 в зонах микрождевания. Таким образом, Китай активно развивает различные типы ирригационных систем, ориентируясь как на традиционные методы, так и на новейшие технологии для эффективного использования водных ресурсов.

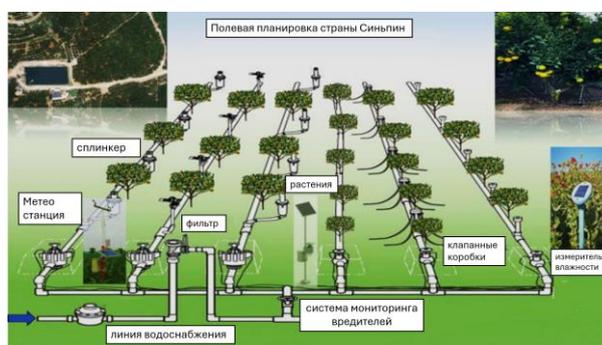


Рисунок 2 – Схема проектирования микрождевателей

В Японии со всей серьезностью подходят к решению проблем возможного дефицита воды в будущем. Ирригационные системы в Японии классифицируются на речные, прудовые, озерные, грунтовые воды, ливневые и другие системы. Речные ирригационные системы доминируют в подавляющем большинстве и широко распространены, но особенно в восточной Японии. Системы орошения прудов играют важную роль в западной части Японии, расположенной во Внутреннем море. В районе Канто существуют различные типы ирригационных систем, а в горных районах распространены системы потоков. В некоторых случаях используется система многоуровневого орошения, когда вода распре-

за посевами, равномерно распределяет воду, ускоряет рост растений и повышает урожайность. На выровненных полях урожайность зерновых и других культур при поливе по бороздам увеличивается в 1,3–2,3 раза, а экономия воды составляет 20–30% в год.

Исследования показали, что орошение может ухудшать физические свойства почвы, увеличивая ее плотность и снижая водопроницаемость, что ведет к разрушению структуры. Это приводит к уменьшению пористости и водопроницаемости почвы, что негативно сказывается на ее плодородии. С точки зрения почвенного плодородия такие изменения следует рассматривать как деградацию почвы. Однако применение агротехнических методов, таких как прерывистое бороздование, щелевание, глубокая культивация, предварительный полив, мульчирование растительными остатками и правильное использование дренажных систем, помогает минимизировать эти негативные эффекты, улучшая рациональное использование влаги и способствуя лучшему гумусообразованию [5].

В РК фермеры ежегодно чистят дренажные системы (системы траншей и труб для осушения земель) из-за накопления ила. В Израиле для поддержания дренажных каналов в хорошем состоянии на протяжении 20 лет используются сетчатые системы.

Для борьбы с засолением и снижением плодородия орошаемых земель необходимо модернизировать оросительные и дренажные системы. Это позволит сократить фильтрационные потери воды в 3–4 раза и снизить уровни грунтовых вод на 2–3 м. Например, земляные каналы можно заменить лотковыми, а старые системы — трубопроводами для подачи воды. Снижение водозатрат на сельскохозяйственные культуры и повышение урожайности являются ключевыми задачами для устойчивого водопользования, а освободившиеся ресурсы следует направить на поддержание экологического баланса.

5 ВЫВОДЫ

Таким образом, можно увидеть, как во многих странах применяются ирригационные технологии. Проблема уменьшения запасов подземных вод и нехватка пресной питьевой воды становится все более острой, поэтому весьма актуальным является изучение передового зарубежного опыта разных стран в области ирригационных технологий. Эффективность ирригационной системы можно оценить по ряду ключевых показателей:

- Снижение объемов потребления водных ресурсов. Реализация определенных мероприятий позволяет уменьшить расход воды на орошение на 10–15% на единицу продукции.
- Увеличение эффективности использования орошаемых земель. В результате комплекса мероприятий можно повысить эффективность на 15–20%.
- Рост урожайности. Правильная организация орошения может увеличить урожайность на 20–50% и больше.
- Сокращение издержек. Точное внесение воды и удобрений, рациональное использование энергии и сокращение трудозатрат.
- Стабильность производства. Зависимость от погодных условий, в частности от засух, уменьшается.

Сроки окупаемости ирригационной инфраструктуры зависят от типа системы, размера хозяйства и рыночных условий. Крупные дождевальные установки и высокотехнологичные капельные системы окупаются в среднем за 3–5 лет [6].

Литература:

1. Винокуров, Е. (ред.), Ахунбаев, А., Чуев, С., Адахаев, А., Сарсембеков, Т. Эффективная ирригация и водосбережение в Центральной Азии. Доклады и рабочие документы 23/4. – Алматы: Евразийский банк развития, 2023. – 120 с.
2. National Bureau of Statistics of China, 2017.
3. Ministry of Water Resources, P. R. China, 2016.
4. Духовный В.А., Пулатов А.Г., Турдыбаев Б.К. Сборник. – Ташкент [Электронный сборник] <http://cawater-info.net/library/rus/inf/12.pdf>
5. Панов Н.П., Мамонтов В.Г. Почвенные процессы в орошаемых черноземах и каштановых почвах и пути предотвращения их деградации. – М.: Россельхозакадемия, 2001.
6. Мирзаев Н.Н. Функционирование системы платного водопользования в дальнем зарубежье и в Центральной Азии. – Ташкент: НИЦ МКВК, 2020. – 34 с.

ӨОЖ 628.3

Рахым Л., ИСиС-22-01 тобы студ., Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ
Молдабаева Г.Н., аға оқытушы, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ

ТАБИҒИ СУ ҚОЙМАЛАРЫНА ТАСТАР АЛДЫНДАҒЫ ӨНДІРІСТІК ЖӘНЕ ҚАЛАЛЫҚ АЙМАҚТАРДАҒЫ ЖЕР ҮСТІ АҒЫН СУЛАРЫН ТАЗАЛАУ МӘСЕЛЕЛЕРІ

Мақалада су объектілерінің ластануының негізгі көздері қарастырылған. Ағынды суларды қалалық ағынды сулармен бірлесіп тазарту үшін орталықтандырылған тазарту алаңдарына жіберу (апару) техникалық жағынан күрделі мәселе екендігі көрсетілген.

Түйін сөздер: жер үсті ағынды сулары, пассивті тазалау жүйелері, үздік қолжетімді технологиялар (ҰҚТ), мұнай өнімдері, сүзгі материалдары, шымтезек сүзгісі, экологиялық қауіпсіздік, қалалық инфрақұрылым, су объектілерін қорғау, ластануды азайту.

В статье рассмотрены основные источники загрязнения водных объектов. Показано, что отправка (перенос) сточных вод на централизованные очистные сооружения для совместной очистки с городскими сточными водами является технически сложной задачей.

Ключевые слова: поверхностные сточные воды, пассивные системы очистки, наилучшие доступные технологии (НДТ), нефтепродукты, фильтрующие материалы, торфяные фильтры, экологическая безопасность, городская инфраструктура, охрана водных объектов, снижение загрязнения.

The article examines the main sources of water pollution. It is said that the delivery of wastewater to centralized treatment facilities for joint treatment with municipal wastewater is a technically complex task.

Keywords: surface runoff, passive treatment systems, best available technologies (BAT), petroleum products, filter materials, peat filters, environmental safety, urban infrastructure, water body protection, pollution reduction.

Су объектілерінің ластануының негізгі көздерінің бірі құрамында қатты заттары бар мұнай өнімдері, қалдық заттар, ауыр металды тұздар және т.б. болып табылады.

Бұл ағынды суларды қалалық ағынды сулармен бірлесіп тазарту үшін орталықтандырылған тазалау құрылғыларына жеткізу – техникалық жағынан күрделі мәселе және технологиялық тұрғыдан үлкен дискретті ағынды сулар мен ластаушы заттардың жоғары концентрацияларына байланысты. Бұл ретте, өнеркәсіптік кәсіпорындардың аумақтарын, әсіресе құрамында мұнай бар жер үсті сарқынды сулары түзілетін аумақтарды қоспағанда, қазіргі уақытта жер үсті ағынды суларды тазартатын арнайы орталықтандырылған құрылғылар іс жүзінде жоқ. Табиғи су объектілеріне ағызудың алдында жер үсті ағынды суларын тазарту мәселелері барлық елдер үшін бірдей өткір және жедел шешуді талап ететінін атап өткен жөн.

Жер бетіндегі ағынды суларды тазарту тиімділігіне қойылатын жоғары талаптар күрделі, әрқашан негізделмейтін технологияларды қолдануға әкеп соқтырады, сонымен қатар оларды іске асыру үшін елеулі күрделі салымдар мен пайдалану шығындарын қажет етеді. Жер бетіндегі ағынды суларды тазарту мәселесін шешу үшін бүгінгі таңда ең ұтымды және экономикалық тиімді тазарту технологиясын таңдау маңызды. Қалалық аумақтардан жер үсті ағын суларды тазалау үшін басқару әдістерін жүзеге асырудың негізгі мақсаттары:

1. Шығындарды максималды тиімділігі үшін жер үсті ағындарының инфрақұрылымын және су ресурстарын басқару тәсілін қамтамасыз ету.

2. Реттеуші органдарға, зерттеушілерге, ресурстарды басқарушыларға және муниципалитеттерге лаस्ताушы заттардың шоғырлануындағы өзгерістерді, су сапасын бағалау тенденцияларын, жерді пайдаланудағы өзгерістерді және олардың арасындағы себеп-салдар байланыстарын бақылауға мүмкіндік беру үшін деректерді жинау мен талдаудың жүйелі тәсілін пайдалану. Бұл жер бетіндегі ағынды суларды икемді басқару стратегиясын жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

3. Мемлекеттік талаптарға сәйкестігін көрсететін ластануды азайтудың қолданыстағы және перспективалық стратегияларын таңдау.

Жер үсті ағын суларын басқарудың жалпы алгоритмі:

- жер үсті ағын суларына жоғары лаस्ताушы жүктемелерді енгізетін лаस्ताу көздерін анықтау;

- су сапасын жақсартуды қажет ететін аймақтарды тексеру;

- максималды тиімділікті құрылыс пен пайдалануға ең аз шығындармен ең жақсы қолжетімді технологиялар негізінде тазарту құрылғыларын жобалау нұсқаларын таңдау.

Сенімді және үнемді пассивті механикалық технологияның дамуы қалалық жерлерден жер үсті ағын суларын сапалы тазартуды қамтамасыз ететін үнемді жүйелерді жобалауға мүмкіндік берді. Шығындары төмен, орнату оңай пассивті жүйелер біріктірілген жүйелік тәсіл арқылы суспензия мен майды кетіруді қамтиды.

Пассивті тазалау жүйелерінің артықшылықтарына мыналар жатады:

- тұрақты процесспен пайдалану және техникалық қызмет көрсетудің қарапайымдылығы;

- химиялық компоненттердің болмауы;
- энергиямен қамтамасыз етудің болмауы;
- табиғи процестер (шөгу және сүзу);
- ластануды тиімді азайту;
- төмен капитал және операциялық шығындар.

Қазіргі заманғы жергілікті пассивті жүйелердің жобалық параметрлері: - операциялық икемділік және процесті басқару;

- шағын із;
- оператордың және ғимараттардың болмауы;
- басқа технологиялармен интеграция.

1-кесте – Әр түрлі тастау жағдайлары үшін ең жақсы қолжетімді жер үсті ағынды суларды тазарту технологиялары

| ҮҚТ сипаттамасы | Үздік қолжетімді технологиялардың негізгі критерийлеріне сәйкестігі | | |
|---|---|---|--|
| | Шешімнің тиімділігі | Іске асыру мен пайдаланудың экономикалық тиімділігі | Ресурс және энергия үнемдеу әдістерін қолдану |
| Тұндырғыштарды механикалық тазалау | Ірі тұндырғыш қоспаларын жою | Елеулі капитал салымы. Төмен операциялық шығындар | Қуатты немесе ресурстарды қажет етпейді |
| Кассеталық сүзгілерді механикалық тазарту | Қалыпты заттар мен мұнай өнімдерін тиімді жою | Орташа есепке алғандағы жоғары емес күрделі салымдардың операциялық шығындары | Энергияны қажет етпейді. Кассетадағы жүктеуді ауыстыру |
| Биоплатоны механикалық тазалау, биологиялық тазалау | Тұрақты оң температура кезеңдерінде тоқтатылған заттар мен мұнай өнімдерін тиімді жою | Елеулі капитал салымы. Төмен операциялық шығындар | Қуатты немесе ресурстарды қажет етпейді |

Үздік қолжетімді технологиялар (ҮҚТ) – бұл өндірісті дамыту үшін жағдай жасайтын және экологиялық қадағалауды жүзеге асыратын үкімет пен бизнес арасындағы ұжымдық келісімнің нәтижесі болып табылатын ең қолайлы технологиялық шешімдердің жиынтығы, олар үшін маңызды болып табылады. Бұл пассивті механикалық жүйелерді беткі ағынды суларды тазарту жоспарларын жүзеге асыру үшін ең жақсы қолжетімді технологиялар деп санауға болады. Бұл көліктерден аспалы заттар мен мұнай өнімдері жиналатын автотұрақтарға, жүк тиеу терминалдарына және жолдарға қатысты. Пассивті жүйелердегі суды қалқымалы қоқыстардан (кір, бұтақтар, жапырақтар, тығындар және т.б.) алдын ала тазарту жаңбыр суын ағызатын құбырлардың бітелуін болдырмауға көмектеседі. Мұнай өнімдерін, қалқымалы қоқыстарды және қалқымалы заттарды жинауға арналған пассивті жүйелерді орнату және мерзімді жөндеу – ауқымды нәтижелерге қол жеткізу жолындағы қарапайым қадам.

Жер үсті ағынды тазарту қондырғылары (ЖТҚ) жоғары масштабталады, бұл оларды қалалық инфрақұрылым үлгілері үшін тамаша таңдау жасайды. Жер бетіндегі ағынды суларды тазарту үдерісіне аумақтардың иелері де қатысады,

бұл олардың қоршаған ортаны қорғауға жауапкершілігін арттырады және жергілікті бюджетке түсетін салмақты азайтады. Бұл қиын жағдайдан шығудың абсолютті жолы – отандық инновациялық технологиялық шешімдер мен әзірлемелерді, тиімді отандық материалдарды, жер үсті ағын суларды тазартуға арналған жабдықтарды пайдалануға қарқынды көшу.

Пассивті механикалық жүйелер үшін сүзгі материалын таңдау кезінде келесі көрсеткіштер ескеріледі:

- құны төмен, шикізаттың және өндірістік қуаттардың болуы;
- материалдың жақсы сүзу қасиеттері;
- механикалық беріктігі мен сүзілген судың химиялық төзімділігі;
- -5-тен +80°C-қа дейінгі температура диапазонында қасиеттерді сақтау;
- халық шаруашылығына қажетті материалға пайдаланғаннан кейін өңдеу немесе оны өңдемей пайдалану мүмкіндігі;
- тікелей немесе жанама байланыс арқылы адам денсаулығына теріс әсер етпейді.

Сүзгіш материалды тек органикалық қосылыстардан ғана емес, сонымен қатар минералды шикізаттан және синтезделген материалдардан алады (2-кесте). Сүзгі материалын пайдалану кезіндегі негізгі мәселе – пайдаланылған материалды кейін кәдеге жарату. Табиғи материалдардан жасалған сүзгілерді пайдалану экологиялық тұрғыдан тиімдірек, өйткені оларды мұнай өнімдері толығымен ыдырағанша немесе күл қалдығы күйіп кеткенше компосттауға болады.

2-кесте – Сүзгіш материалдар түрлері

| Табиғи | Жасанды |
|--------------------------------|-------------------|
| Құмды қиыршық тас | Торлы материалдар |
| Шифер, әктас, ұсақталған көмір | Минералды мақта |
| Белсенді көмір | Сынған әйнек |
| Шымтезек | Резеңке үгіндісі |
| Кокос талшығы | Қатты пластик |
| Үгінділер | Геотекстиль |
| Құс қауырсыны | Шлак |

Пайдаланылғаннан кейін минералды шикізат пен синтезделген минералдар негізіндегі сүзгі материалы әдетте полигондарға көміледі, содан кейін аумақтың екінші реттік ластануы орын алады немесе ол жағу арқылы жойылады. Бұл жағдайда процесс улы заттардың шығарылуын қамтиды және өндірістік қалдықтары жойылады

Ағынды суларды тазарту қондырғыларында шымтезек сүзгі материалын қолданудың көп жылдық тәжірибесі оның ластаушы заттарды ұстаудағы жоғары тиімділігін көрсетті[4]. Шымтезек сүзгі материалының сүзу қабілеті:

- қалқымалы заттар > 90%;
- темір >80%;
- көмірсутектер > 90%.

Сонымен қатар, материалдың табиғи екенін және кең ауқымда пайдалануға қол жетімді екенін ескере отырып, шымтезек сүзгі материалдарын кеңінен енгізу

урбанизацияланған аймақтардан жер үсті ағындарын тазарту мәселелерін шешу үшін өзекті болып табылады. Жер бетіндегі ағынды суларды тазарту жүйелерінде және ландшафттық дизайнда шымтезек сүзгі материалын қолдану аясы:

- атом электр станцияларының аймақтары және серіктес қалалардағы елді-мекендер;

- теңіз және өзен порттары;

- көлік бағыттары мен аэродромдар;

- әскери лагерьлер;

- әскери – теңіз күштерінің бұрынғы жағалаудағы техникалық базаларын қалпына келтіру;

- өндірістік, құрылыс, сауда және спорт алаңдары;

- қалалық және муниципалдық аумақтар;

- жанар-жағар май қоймалары мен жанар-жағар май құю станциялары;

- тау-кен өнеркәсібінің шахталық және карьерлік сулары;

- қатты тұрмыстық қалдықтар полигондарын, қалдық қоймаларын, қалдықтарды орналастыру орындарын рекультивациялау.

Шымтезек сүзгісі материалдарын пайдаланудың экономикалық тиімділігі бірқатар факторлармен анықталады:

- шымтезек сүзгі материалы алдын-ала дайындалмай, ауыстырылады;

- белсенді көмір, шыны, мақта, полиуретанды көбік, пенополистирол және т.б.

- қалдықтарды қайта өңдеу қатты отынмен жұмыс істейтін қазандықтарда жағу арқылы жүзеге асырылады;

- қалдықтарды қайта өңдеу қатты отынмен жұмыс істейтін қазандықтарда жағу арқылы жүзеге асырылады;

- экологиялық технологиялар нарығында табиғи материалдардың аналогтары жоқ;

- табиғи, экологиялық таза материалдың шексіз дерлік сату нарығы бар Ресей, Еуропа, Солтүстік Америка, Таяу Шығыс, Азия.

Айта кету керек, қазіргі уақытта Ресейде және Қазақстанда әр – түрлі ағаш түрлерінің (шұңқыр, қияқ, қамыс, және т.б.) және оның қалдықтары негізінде шымтезек сүзгі материалының аналогтарын іздеу және алу жұмыстары жүргізілуде.

Әдебиеттер:

1. Мырзахметов М., Молдабаева Г.Н. Очистка производственно-дождевых вод с загрязненных территорий Карачаганского нефтегазоконденсатного месторождения //Труды междунар. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы управления водными ресурсами и водосбережения», посв. 80-летию со дня рождения Н. Кипшакпаева. – Алматы, 2014. – С. 92-95.

2. Стрелков А.К. [и др.]. Влияние поверхностных вод от технологической полосы отвода железнодорожных путей на состояние водных объектов / Там же. – С. 124-127.

3. Данилович Д.А., Серпокрылов Н.С. Принципиальные положения концепции справочника по наилучшим доступным технологиям «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов»//Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский инженерно-строительный институт. – Астрахань: ГАОУ АО ВПО «АИСИ», 2015. –№ 2 (12). – С. 50–54.

4. Водоотведение и очистка поверхностного стока на торфяных фильтрах / А.В. Михайлов, А.Н. Ким [и др.]. – СПб.: «Изд. ООО «Сборка», 2014. – 138 с.

СТУДЕНТ И НАУКА: ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

**Сборник материалов
XXV ежегодной республиканской студенческой научной конференции**

ЧАСТЬ II

**Компьютерная верстка Ибрашевой М.А.
Редактор Есимханова А.Е.**

Ответственность за достоверность информации несут авторы.

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 8,00. Уч.-изд. л. 8,18.
Заказ №367.



Издание ТОО «Международная образовательная корпорация»
Отпечатано в Издательстве «Строительство и архитектура»
050043, г. Алматы, ул. Рыскулбекова, 28