

ӨНЕРКӘСІПТІК ҒИМАРАТТЫҢ КӨТЕРГІШ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫН ЛИРА-САПР БАҒДАРЛАМАЛЫҚ КЕШЕНІ НЕГІЗІНДЕ ЦИФРЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ТАЛДАУ

ПОШАНОВА К.Ж.¹, БЕКМУРАТОВА Л.А.¹, ДУТБАЕВ Ж.Т.¹,
ЖУМАБАЕВА Ж.О.¹, УВАЛИЕВА Г.М.^{2*}

Пошанова Кундызай Жолдасбековна¹ – Маман, «Қала құрылысы» кафедрасының аға оқытушысы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, Шымкент қ., Қазақстан

E-mail: pkundyzay@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-2972-0451>

Бекмуратова Лаззат Алиевна¹ – Маман, «Қала құрылысы» кафедрасының аға оқытушысы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, Шымкент қ., Қазақстан

E-mail: amanov.ykhtiyar@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-7815-355X>

Дутбаев Жаксылық Токтасынович¹ – Техника ғылымдарының кандидаты, «Көлік, тасымалдауды және қозғалысты ұйымдастыру» кафедрасы доценті, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, Шымкент қ., Қазақстан

E-mail: dutbaev.69@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-7416-991X>

Жумабаева Жанар Орынбасаровна¹ – Техника ғылымдарының магистрі, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, Шымкент қ., Қазақстан.

E-mail: janaru_77@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8906-1801>

***Увалиева Гулсия Максатовна**² – 2 курс магистранты, Компьютерлік технологиялар және жасанды интеллект кафедрасы, Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау қ., Қазақстан

E-mail: w_g_w@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-6151-0457>

Андатпа. Мақалада өнеркәсіптік ғимараттардың көтергіш конструкцияларын зерттеу кезінде цифрлық модельдеу және автоматтандырылған есептік талдау әдістерін қолдану мәселесі қарастырылады. Зерттеу нысаны ретінде Астана қаласының жағдайларына арналған бір қабатты металл өңдеу цехының болат қаңқасы алынған. Негізгі назар конструкцияның цифрлық есептік моделін қалыптастыруға және оның кернеулі-деформациялық күйін ЛИРА-САПР бағдарламалық кешені арқылы автоматтандырылған түрде бағалауға бағытталған. Зерттеу барысында ғимараттың геометриялық параметрлері, конструкциялық элементтердің сипаттамалары, тұрақты және климаттық жүктемелер, сондай-ақ көпірлі кранның әсері ескерілді. Қарастырылып отырған ғимараттың өлшемдері ені бойынша 30 м, ұзындығы бойынша 66 м, биіктігі 10,3 м және бағандар қадамы 6 м болып қабылданған. Есептік модель соңғы элементтер әдісіне негізделіп құрылды. Конструкция элементтерінің қималары бірінші және екінші шекті күйлер бойынша тексерілді. Цифрлық модельдеу нәтижелері болат қаңқаның кеңістіктік қаттылығын, жалпы орнықтылығын және жекелеген элементтердің жұмыс қабілеттілігін бағалауға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері инженерлік жобалауда арнайы бағдарламалық құралдарды қолдану есептік процестерді автоматтандыруға, нәтижелердің көрнекілігін арттыруға және конструкциялық шешімдердің негізділігін жоғарылатуға мүмкіндік беретінін көрсетіліп, ҚР стандарттарына сай еңбекті қорғау және өрт қауіпсіздігі шаралары негізделді.

Түйін сөздер: цифрлық модельдеу, компьютерлік модельдеу, ЛИРА-САПР, болат қаңқа, өнеркәсіптік ғимарат, автоматтандырылған есептеу, көтергіш конструкциялар.

Кіріспе

Қазақстан Республикасындағы өнеркәсіптің қазіргі заманғы дамуы өндіріс орындарын жаңғыртумен және жаңа, жоғары технологиялық кәсіпорындарды құрумен тығыз байланысты. Индустриялық-инновациялық даму жағдайында металл өңдеу өндірісі отандық өнеркәсіп пен құрылыс саласының негізгі құрамдас бөлігі ретінде ерекше маңызды рөл атқарады.

Жобаның мақсаты - заман талаптарына сай технологиялық, экономикалық және өнеркәсіптік қауіпсіздік стандарттарын ескере отырып, металл өңдеу цехының тиімді көлемдік-жоспарлау және конструктивтік шешімдерін әзірлеу, сонымен қатар негізгі құрылымдарын есептеу. Құрылыс өңірінің климаттық жағдайлары ескеріледі.

Жобаланатын нысанның сипаттамалық мәндері мен негізгі параметрлері ретінде жылына 2400 тонна дайын металл конструкцияларын шығаруға қауіпсіздік талаптарына сай жасалған, ені 30 м, ұзындығы 66 м және биіктігі 10,3 м габаритті өлшемдері бар, ұстындар қадамы 6 м

болатын болат қаңқалы бір қабатты өндірістік ғимарат алынды. Жобаның бастапқы деректері Астана қаласының климаттық жағдайларына, соның ішінде ҚР ҚН 2.04-01-2017 [1, 2] нормативтік құжаттарына сәйкес қабылданып, мұндағы сейсмикалық белсенділік деңгейі, үшінші аймаққа тән қар мен жел жүктемелері, топырақтың 1,75 м қату тереңдігі және цех ішіндегі жүк көтергіштігі 5 тонналық көпірлі крандардың жұмыс істеу технологиялық талаптары есепке алынды. Осы мәліметтер негізінде жобалауды орындау барысында қажетті жобалық материалдар кешені әзірленді.

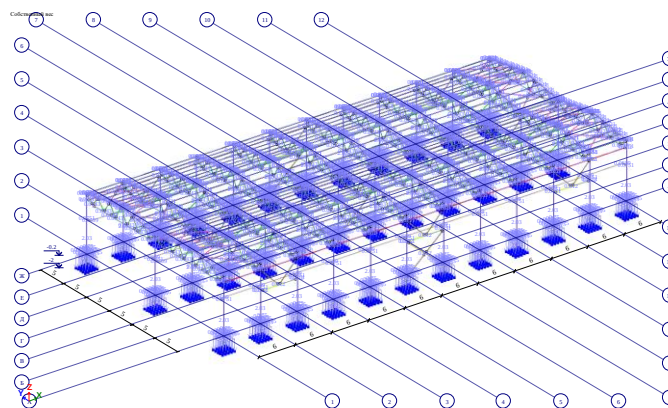
Зерттеу материалдары мен әдістері

Қаптамалардың тірек конструкцияларына тұрақты жүктемелері ригельдердің ұзындығы бойынша біркелкі бөлінеді. Есептелген жүктеме кесте түрінде анықталады.

Кесте 1. Рамаға түсетін тұрақты жүктемелер

№	Жүктеме атауы	Жүктеме бойынша сенімділік коэффициенті γ_f	Нормативтік мәні, кг/м ²
1	Құрылымдардың өзіндік массасы – элементтердің қималарына сәйкес програмалық есепте көрсетілген	1,1	Есептеуді қараңыз
2	Төбе жабын: есептеуде қалыңдығы 150 мм минералды мақта жылу оқшаулағышы бар панель – 30 кг/м ² . Барлығы: Шатыр арқалықтарының арақашықтығы 1,25 м құраған жағдайда жүктеме $30 \cdot 1,25 = 40$ кг/м (шеткі арқалықтарға 20 кг/м ²).	1,2	48-24
3	Сыртқы қабырға қоршауы: минералды жүннен оқшауланған венталл типті панельдер масса есепке алынды, қалыңдығы 120 мм: 30 кг/м ² . Бағандар 6 метр қадаммен сызықтық жүктеме $30 \cdot 6 = 180$ кг/м, қадаммен 5 метрлік бағаналар сызықтық жүктеме $30 \cdot 5 = 150$ кг/м ² құрайды.	1,2	30

Тұрақты жүктемеден бөлек климаттық жағдайларға қатысты ұзақ мерзімді, қысқа мерзімді жүктемелер және цехтың жұмыс жасау шартына байланысты кран жүктемесі ескеріледі [2, 14; 3, 123; 4, 14; 5, 72; 6, 10; 7, 30; 8, 50].



Сурет 1. Тұрақты жүктеме сұлбасы

Кесте 2. Жел жүктемесі

Жүктеме атауы	Өлшем бірлігі	Формула	Мәні
Экспозиция коэффициенті (қала құрылысы)	-	$c_e(z)$	1,2
Жел қысымы	кПа	$q_p(z)$	0,38
Аэродинамикалық коэффициент (жел жағынан)	-	c_{p1}	1
Рамалар арақашықтығы	м	B	6
Рамаға жүктеме	кН/м	$w_p(z)1 = q_p(z) * c_e(z) * c_{p1} * B$	2,736
Жел бағытталған жағынан	т/м	$w_p(z)1/10$	0,2736
Аэр. коэфф. (желден ық жағынан)	-	c_{p2}	0,7
Рамаға ық жақтан түсетін жүктеме	т/м	$w_p(z)2 = (q_p(z) * c_e(z) * c_{p2} * B)/10$	0,19152
Жүктеме атауы	Өлшем бірлігі	Формула	Мәні
Шатыр биіктігі	м	$H_{ш}$	4,35
Арқалыққа түсетін жүктеме (жел жағынан)	т	$w_p(z)1 * H_{ш}/10$	1,19016
Арқалыққа түсетін жүктеме (желден ық жағынан)	т	$w_p(z)2 * H_{ш}/10$	0,833112

Объектілер мен оларға түсетін жел жүктемелері нормалар бойынша нормаларда белгіленген динамикалық және статикалық құрамдас бөліктердің қосындысы ретінде айқындалады. Статикалық компоненттер белгіленген жылдамдық жиынтығына сәйкес келеді және кез-келген жағдайда ескерілуі керек. Желдің статикалық компоненті ғимаратқа сыртқы жағынан, ал желден ық жағынан соруға қысым жасайды.

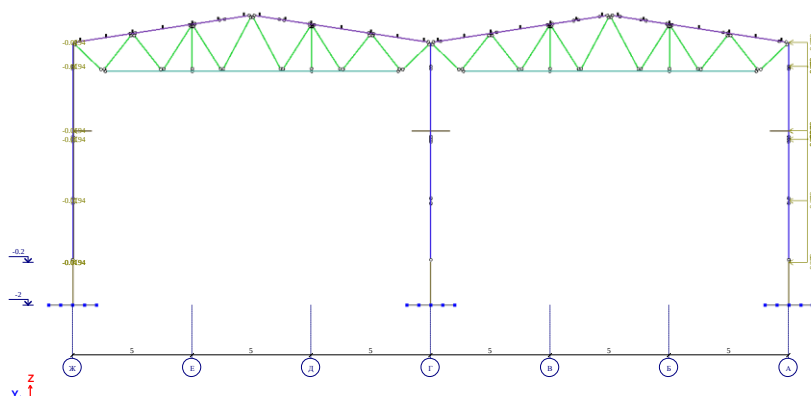
1 м² бетіндегі есептелген жел қысымы:

$$\omega = \gamma_f \omega_0 c_k; \quad (1)$$

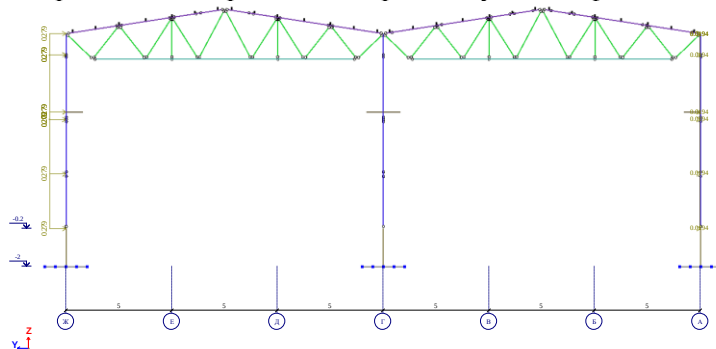
мұндағы $\gamma_f = 1,2$ - жел жүктемесі үшін сенімділік коэффициенті; ω_0 - нормалар бойынша қабылданатын желдің нормативтік жылдамдық қысымы; c - аэродинамикалық коэффициент, құрылыс алаңы мен елді мекен түріне байланысты.

$$\omega_1 = 1,4 * 0,38 * 0,6 * 0,75 = 0,255 \text{ кН/м}$$

$$\omega_2 = 1,4 * 0,38 * 0,75 * 0,75 = 0,191 \text{ кН/м}$$



Сурет 2. Жел жүктемесінің ZY жазықтығындағы оң қапталдан соққандағы сұлбалары



Сурет 3. Жел жүктемесінің ZY жазықтығындағы сол қапталдан соққандағы сұлбалары

Ғимараттың бір аралығында жүк көтергіштігі 5 т құрайтын көпірлі кран орналасады, жалпы саны екіге тең.

Кесте 3. Көпірлі кранның негізгі көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Белгіленуі	Өлшем бірлігі	Мәні
Жүк көтергіштігі	Q	т	5,0
Кран асты аралықтарының арақашықтығы	L_k	м	13,5
Жүк көтері биіктігі	H	м	6,0
Дөңгелекке түсетін күш	F_{max}	т	3,26
Кран көпірінің массасы	G_k	т	3,26
Кран ені	B	мм	3300
Дөңгелектер арақашықтығы	C	мм	2600
Кран арбасының массасы	G_t	т	0,65

Максималды күш [9, 24]:

$$D_{max} = \gamma_f * \psi * F_{max} * \sum y_i \quad (2)$$

$$D_{max} = 1,2 * 0,85 * 32,6 = 33,252 \text{ кН}$$

Минималды күш [10, 12]:

$$D_{min} = \gamma_f * \psi * F_{max} * \sum y_i \quad (3)$$

$$D_{min} = 1,2 * 0,85 * 11,95 = 12,189 \text{ кН}$$

Дөңгелекке түсетін минималды күш:

$$F_{min} = (Q + G_k + G_t)/n - F_{max} \quad (4)$$

$$F_{min} = (5 + 3,26 + 0,65)/2 - 3,26 = 1,195 \text{ т}$$

Дөңгелекке түсетін нормативтік көлденең күш:

$$T = 0,05 * (Q + G_t) * 1/n \quad (5)$$

$$T = 0,05 * (5 + 0,65) * 1/2 = 1,41 \text{ кН}$$

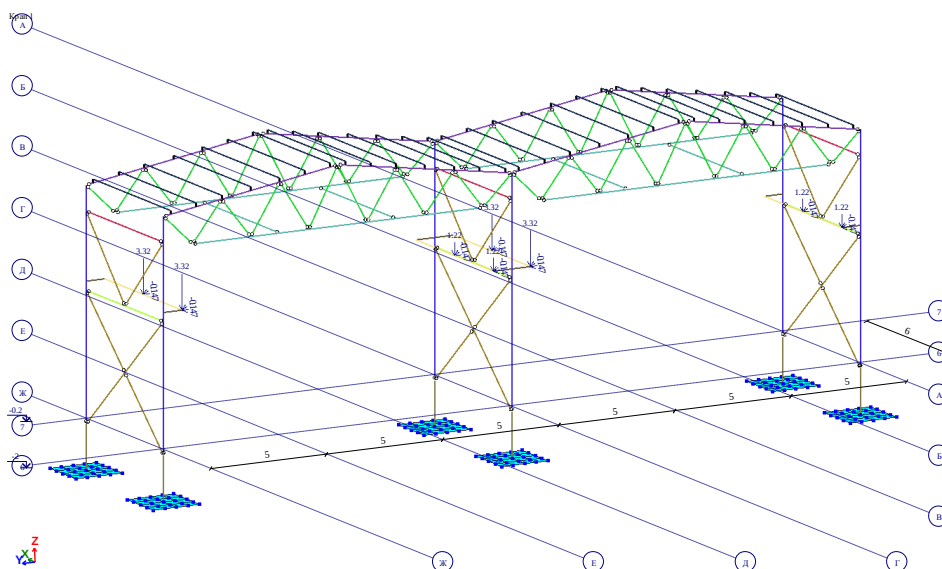
$$T_{max} = \gamma_f * \psi * T * \sum y_i \quad (6)$$

$$T_{max} = 1,2 * 0,85 * 1,41 = 1,44 \text{ кН}$$

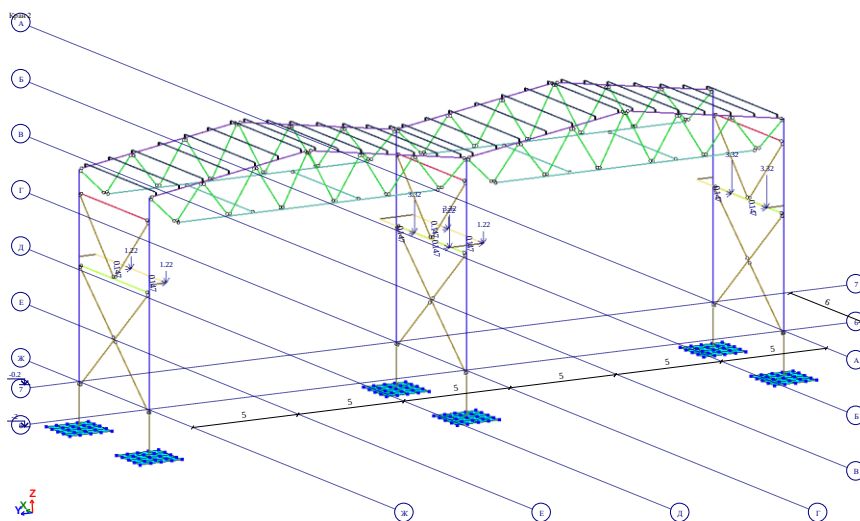
Крандар екі бөлікте де жұмыс жасайды деп ескеру, кранның ғимарат ортасында тұруы бізге ең тиімсіз жағдайды қарастыруға көмектеседі. Алайда кран арбасының қозғалысы да жүктің аралықтың қай бөлігіне басымырақ күш түсіретінін шешеді. Сол себепті біз мүмкін болатын жайттардың ішінен 4 жағдайды қарастырайық.

1. Бірінші және екінші аралықта кран арбасы жүкпен бірге сол қапталға ығысқан;
2. Бірінші және екінші аралықта кран арбасы жүкпен бірге оң қапталға ығысқан;
3. Бірінші аралықта кран арбасы жүкпен бірге сол қапталға, екінші аралықта оң қапталға ығысқан, жүктеме шеткі ұстындарға түседі;
4. Бірінші аралықта кран арбасы жүкпен бірге оң қапталға, екінші аралықта сол қапталға ығысқан, жүктеме шеткі ұстындарға түседі;

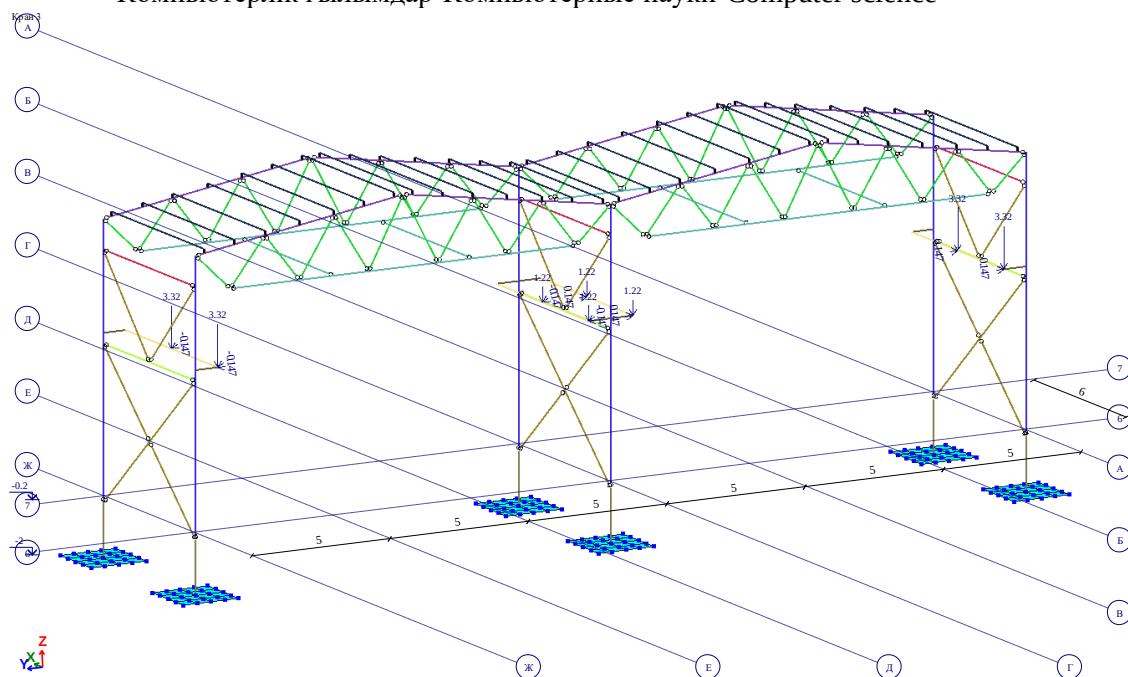
Барлық жайттарды төмендегі суреттерден көруге болады. Осы жайттардың ең қауіптісі ортада орналасқан ұстындарға ек жақтан бірдей арбаның ығысуы болып табылады.



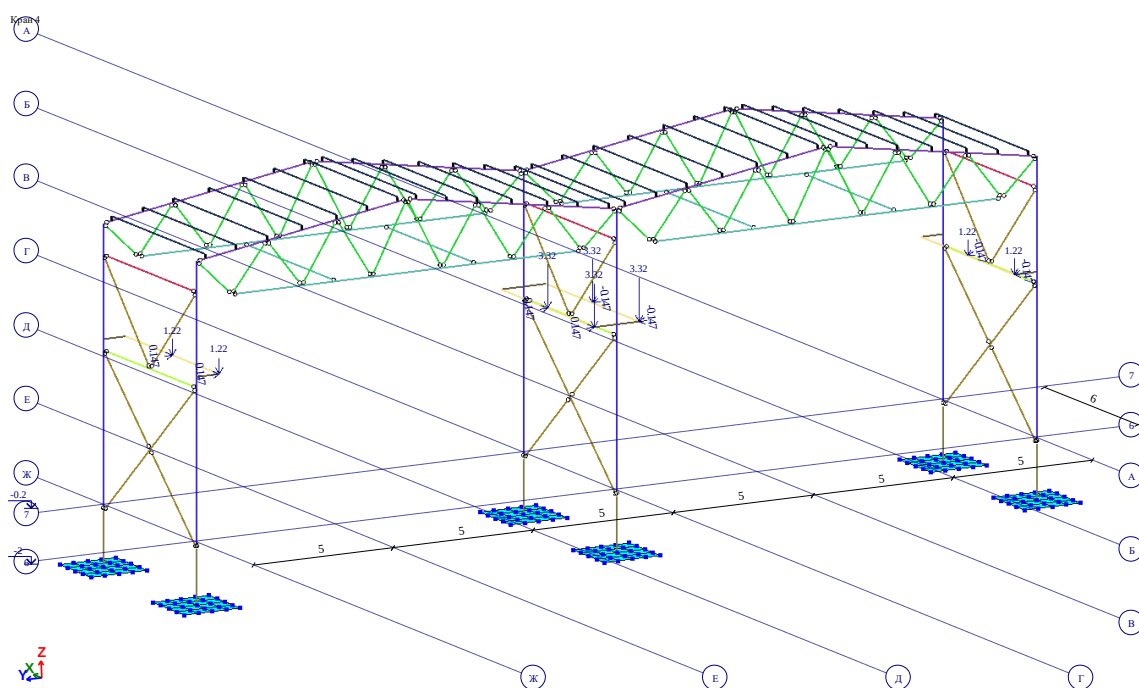
Сурет 4. Кран жүгінің арқалыққа түсетін 1 жағдайы



Сурет 5. Кран жүгінің арқалыққа түсетін 2 жағдайы



Сурет 6. Кран жүгінің арқалыққа түсетін 3 жағдайы

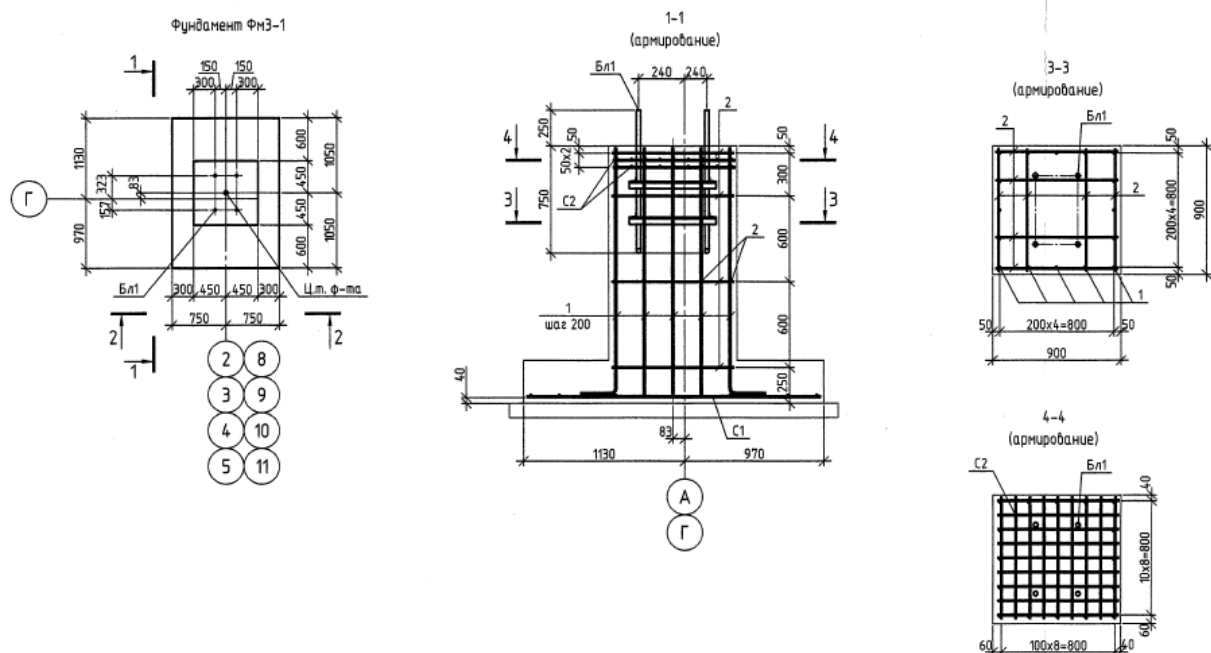


Сурет 7. Кран жүгінің арқалыққа түсетін 4 жағдайы

Нәтижелер және оларды талқылау

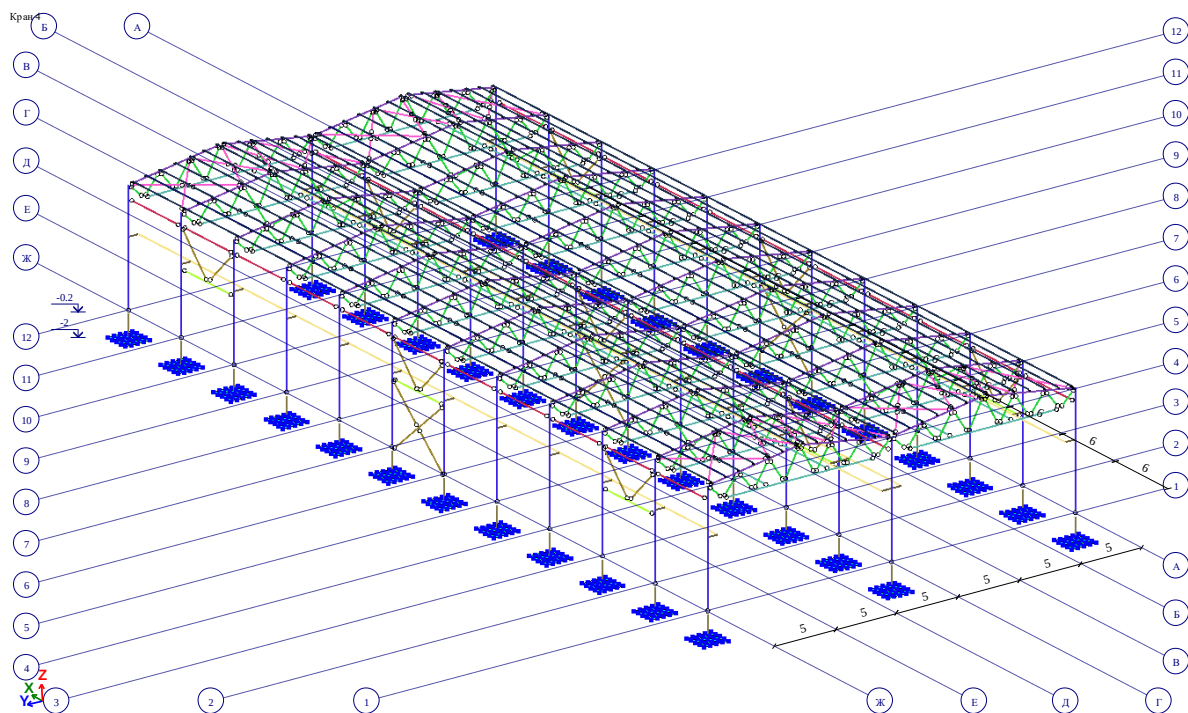
Жинақталған жүктемелер мәндерін ЛИРА-САПР бағдарламасына енгізу үшін алдын ала бірнеше әрекеттер орындалуы тиіс.

Ғимарат торын ені 30м, ұзындығы 66м өлшемдерінде енгіземіз. Ұстындардың жүктемесін жерге беретін бағаналы іргетастың есептік схемасын пластина және баған ретінде енгіземіз. 2.1.10 суретте көрсетілгендей іргетас бір сатылы және дара арматура мен арматура торынан құралған, бетон классы В25. Іргетасқа қатысты негізгі мақсат бағдарламада керекті арматуралау ауданын анықтау болып табылады.



Сурет 8. Жобадағы бір сатылы іргетас сұлбасы

Алғашында құрылыс нысанын шекті элементтер ретінде сырықтардан, топсалардан және пластиналардан құрастырамыз. Құрастыру барысында олардың қималары мен материалдарын енгіземіз. Бұл жағдайда менің негізгі мақсатым бастапқы жүк көтергіш элементтерге таңдалған қималарының біздің жағдайдағы жүктемелерді көтеру қабілетін шектік элементтер тәсілі арқылы тексеру болып табылады. Сәйкес келмеген жағдайда олардың профилін немесе металл классын өзгертуге тура келеді. Біздің конструкциямыз бірінші, екінші шектік күйі бойынша және жергілікті орын ауыстыруына есептеледі, көрсетілген мозайка мәні 100 мм аспауын қадағалаймыз.

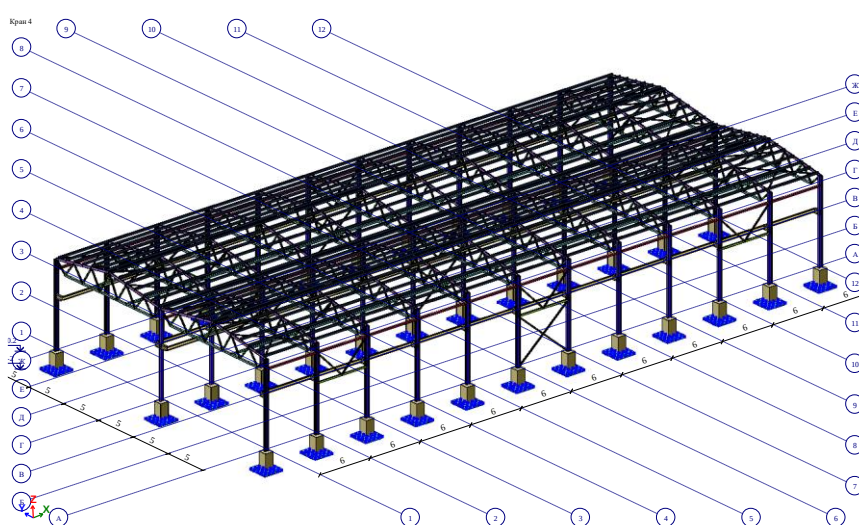


Сурет 9. ЛИРА-САПР бағдарламасында жасалған ғимарат құрылымы

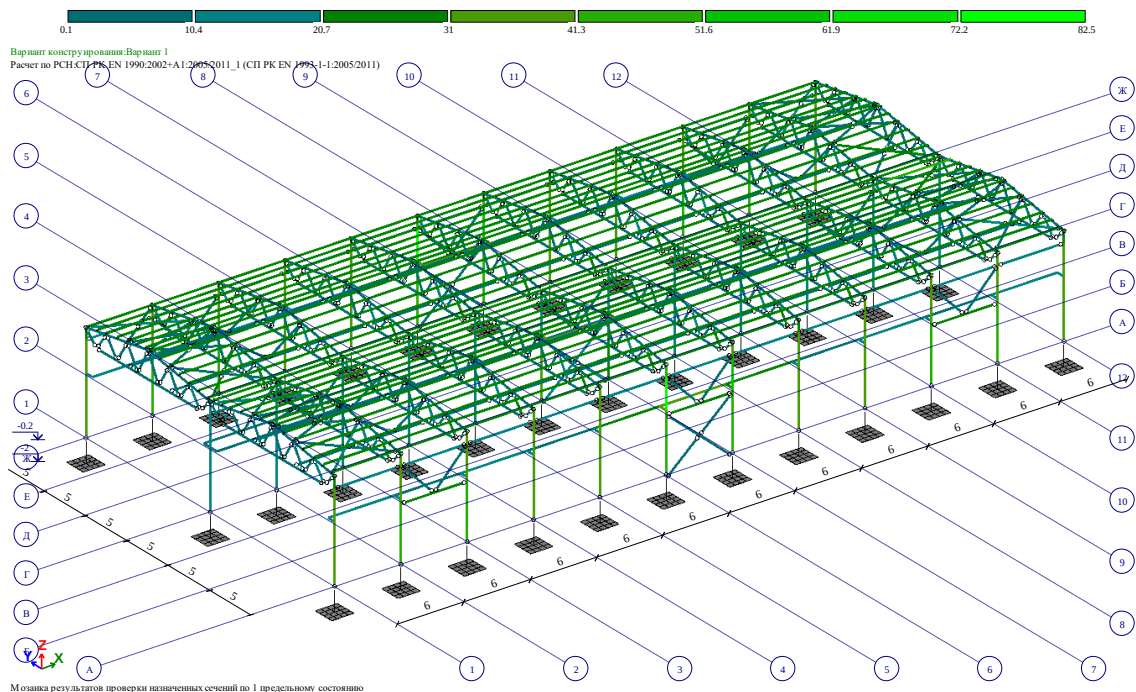
Список типов жесткостей

1. Брус 90 X 90 (Пк)
2. Пластина Н 30 (Пм1)
3. Двутавр 35Ш1 (колонна)
4. Профиль "Молодечно" 100 x 4 (вертикальная связь)
5. Профиль "Молодечно" 160 x 8 (горизонтальный_связь)
6. Двутавр 40Ш1 (консоль)
7. Двутавр 30Ш2 (кранбалка)
8. Профиль "Молодечно" 160 x 6 (ниж_пояс_фермы)
9. Профиль "Молодечно" 220 x 100 x 8 (верх_пояс_фермы)
10. Профиль "Молодечно" 100 x 4 (раскосы_фермы)
11. Уголок параллельно полкам 90 x 90 x 6 (горизонт_связь_верх_ферм)
12. Швеллер 22П (прогон)
13. Профиль "Молодечно" 160 x 120 x 8 (распорка_колонн)

Сурет 10. ЛИРА-САПР бағдарламасында элементтерге берілген қаттылық түрлер тізімі



Сурет 11. ЛИРА-САПР бағдарламасында құрылымның 3Д сұлбасы



Сурет 12. Құрылымның бірінші шектік күйі бойынша мозайкасы

Қорытынды

Астана қаласындағы металл өңдеу цехының құрылысына арналған жобаны орындау барысында келесідей негізгі нәтижелерге қол жеткізілді: Өнеркәсіптік ғимараттың көлемдік-жоспарлау шешімдері технологиялық процестерге және Астана өңірінің климаттық жағдайларына сәйкес әзірленді. Тандалған қоршау конструкциялары ғимараттың энергия тиімділігі мен ұзақ мерзімділігін қамтамасыз етеді. Ғимараттың болат қаңқасы LIRA-SAPR бағдарламалық кешенінде модельденді. Талдау нәтижелері қаңқаның кеңістіктік қатаңдығы мен жалпы орнықтылығын дәлелдеді. Колонналардың көтергіш қабілетін тексеру және кран асты арқалығын қолмен есептеу барысында элементтердің қималары оңтайлы таңдалып, қажетті беріктік қоры нақтыланды.

Әдебиеттер тізімі

1. ҚР ҚЖ 2.04-01-2017 (СП РК 2.04-01-2017). Құрылыс климатологиясы. – Астана : ҚР Инвестициялар және даму министрлігінің Құрылыс және ТТКШ істері комитеті, 2017. – 43 б.
2. ҚР ЕЖ 1.03-101-2013. Кәсіпорын, ғимарат пен имарат құрылысының ұзақтығы мен құрылыстағы бітеме. I – бөлім* / Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі Құрылыс және тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері комитеті; «ҚазҚСҒЗИ» АҚ, «Строй Проект» ЖШС әзірлеген. – Ресми басылым. – Нұр-Сұлтан, 2019. – 63 б.
3. ҚР ЕЖ 1.03-102-2014*. Кәсіпорын, ғимарат пен имараттың құрылысының ұзақтығы мен құрылыстағы бітеме. II бөлім / Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитеті. – Ресми басылым. – Астана, 2018. – 230 б.
4. ҚР ЕЖ 1.03-105-2013. Құрылыс алаңдарын электрмен жарықтандыруды жобалау – Ресми басылым. – Астана: Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитеті, 2015. – 28 б.
5. ҚР ЕЖ 1.03-106-2012*. Құрылыстағы еңбекті қорғау және қауіпсіздік техникасы (СП РК 1.03-106-2012*. Охрана труда и техника безопасности в строительстве). – Енгізілген күні 2015-07-01 (2019 және 2020 жж. өзгертулер мен толықтырулармен). – Нұр-Сұлтан : ҚР ИИДМ Құрылыс және ТҮКШ істері комитеті, 2020. – 115 б.
6. ҚР ЕЖ 1.03-107-2013 / СП РК 1.03-107-2013. Металл конструкцияларды дайындау жөніндегі зауыттар мен кәсіпорындардың бояу цехтарына арналған техника қауіпсіздігі, өрт қауіпсіздігі және өндірістік санитария. – Ресми басылым. – Астана, 2015. – 24 б.
7. ҚР ЕЖ 3.02-142-2014. Кәсіпорын, ғимарат және имарат алаңдары мен телімдерінің қоршауларын жобалау. – Астана : ҚР Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитеті, 2015. – 43 б.
8. СП РК 2.02-20-2006*. Пособие «Пожарная безопасность зданий и сооружений» (к СНиП РК 2.02-05-2002*). – Астана: Комитет по делам строительства и ЖКХ МИТ РК, 2009. — 148 с. — URL: https://new-shop.ksm.kz/media/egfntd/ntdgo/SP_RK_2.02-20-2006.pdf
9. Юсупов А. К., Калиева М. Х. Учебно-методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Металлические конструкции»: сплошная ступенчатая стальная колонна: для студентов направления подготовки бакалавров 08.03.01-Строительство. – Махачкала: ДГТУ, 2019. – 40 с. — URL: [https://dstu.ru/sveden/files/UMU_k_vypolneniyu_kursovogo_proekta_po_discipline_Metallicheskiye_konstrukcii_\(SSSK\).pdf](https://dstu.ru/sveden/files/UMU_k_vypolneniyu_kursovogo_proekta_po_discipline_Metallicheskiye_konstrukcii_(SSSK).pdf)
10. Томилов С. Н. Подбор сечения стальной подкрановой балки: методические указания к выполнению расчётно-графической работы по дисциплине «Строительные конструкции» для студентов специальности 270205.65 «Автомобильные дороги и аэродромы» всех форм обучения – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2010. – 19 с.

References

1. QR QJ 2.04-01-2017 (SP RK 2.04-01-2017). Qūrylys klimatologiasy. – Astana: QR Investisialar және damu ministrліgınıñ Qūrylys және TTKŞ isteri komiteti, 2017. – 43 b.
2. QR EJ 1.03-101-2013. Kāsıporyn, ğımarat pen imarat qūrylysynyñ ūzaqtyğy men qūrylystağy biteme. I – bölim* / Qazaqstan Respublikasy Industria және infraqūrylymdyq damu ministrліgı Qūrylys және tūrğyn üi-komunaldyq šaruasylyq isteri komiteti; «QazQSGZİ» AQ, «Stroi Proekt» JŞS äzirlegen. – Resmi basylym. – Nūr-Sūltan, 2019. – 63 b.
3. QR EJ 1.03-102-2014*. Kāsıporyn, ğımarat pen imarattyñ qūrylysynyñ ūzaqtyğy men qūrylystağy biteme. II bölim / Qazaqstan Respublikasy Ūlttyq ekonomika ministrліgınıñ Qūrylys, tūrğyn üi-komunaldyq šaruasylyq isteri және jer resurstaryn basqaru komiteti. – Resmi basylym. – Astana, 2018. – 230 b.
4. QR EJ 1.03-105-2013. Qūrylys alañdaryn elektrmen jaryqtandy Rudy jobalau – Resmi basylym. – Astana: Qazaqstan Respublikasy Ūlttyq ekonomika ministrліgınıñ Qūrylys, tūrğyn üi-komunaldyq šaruasylyq isteri және jer resurstaryn basqaru komiteti, 2015. – 28 b.
5. QR EJ 1.03-106-2012*. Qūrylystağy eñbekti qorğau және qauıpsızdıq tehnikasy (SP RK 1.03-106-2012*. Ohrana truda i tehnika bezopasnosti v stroitel'stve). – Engızılgen küni 2015-07-01 (2019 және 2020 jj. özgertuler men tolyqtyrularmen). – Nūr-Sūltan: QR İDM Qūrylys және TÜKŞ isteri komiteti, 2020. – 115 b.
6. QR EJ 1.03-107-2013 / SP RK 1.03-107-2013. Metal konstruksialardy daiyndau jönindege zauyttar men kāsıporındardyñ boiau sehtaryna arnalğan tehnika qauıpsızdıgı, ört qauıpsızdıgı және öndırıstık sanıtarıa. – Resmi basylym. – Astana, 2015. – 24 b.
7. QR EJ 3.02-142-2014. Kāsıporyn, ğımarat және imarat alañdary men telımderınıñ qorşaularyn jobalau. – Astana: QR Ūlttyq ekonomika ministrліgınıñ Qūrylys, tūrğyn üi-komunaldyq šaruasylyq isteri және jer resurstaryn basqaru komiteti, 2015. – 43 b.
8. SP RK 2.02-20-2006*. Posobie «Pozharnaja bezopasnost' zdanij i sooruzhenij» (k SNiP RK 2.02-05-2002*). – Astana: Komitet po delam stroitel'stva i ZhKH MIT RK, 2009. — 148 s. — URL: https://new-shop.ksm.kz/media/egfntd/ntdgo/SP_RK_2.02-20-2006.pdf
9. YUsupov A. K., Kalieva M. H. Uchebno-metodicheskie ukazaniya k vypolneniyu kursovogo proekta po discipline «Metallicheskie konstrukcii»: sploshnaya stupenchataya stal'naya kolonna: dlya studentov napravleniya podgotovki bakalavrov 08.03.01-Stroitel'stvo. – Mahachkala: DGTU, 2019. — 40 s. — URL: [https://dstu.ru/sveden/files/UMU_k_vypolneniyu_kurovogo_proekta_po_discipline_Metallicheskie_konstrukcii_\(SSSK\).pdf](https://dstu.ru/sveden/files/UMU_k_vypolneniyu_kurovogo_proekta_po_discipline_Metallicheskie_konstrukcii_(SSSK).pdf)
0. Tomilov S. N. Podbor secheniya stal'noj podkranovoj balki : metodicheskie ukazaniya k vypolneniyu raschyotno-graficheskoy raboty po discipline «Stroitel'nye konstrukcii» dlya studentov special'nosti 270205.65 «Avtomobil'nye dorogi i aerodromy» vsekh form obucheniya – Habarovsk: Izd-vo Tihookean. gos. un-ta, 2010. – 19 s.

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ЛИРА-САПР

ПОШАНОВА К.Ж.¹, БЕКМУРАТОВА Л.А.¹, ДУТБАЕВ Ж.Т.¹,
ЖУМАБАЕВА Ж.О.¹, УВАЛИЕВА Г.М.^{2*}

Пошанова Кундызай Жолдасбековна¹ – Специалист, старший преподаватель кафедры «Градостроительство», Южно-Казахстанский исследовательский университет имени М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан.

E-mail: pkundyzay@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-2972-0451>

Бекмуратова Лаззат Алиевна¹ – Специалист, старший преподаватель кафедры «Градостроительство», Южно-Казахстанский исследовательский университет имени М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан.

E-mail: amanov.ykhtiyar@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-7815-355X>

Дутбаев Жаксылык Токтасынович¹ – Кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспорт, организация перевозок и движения», Южно-Казахстанский исследовательский университет имени М.Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан.

E-mail: dutbaev.69@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-7416-991X>

Жумабаева Жанар Орынбасаровна¹ – Магистр технических наук, Южно-Казахстанский исследовательский университет имени М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан.

E-mail: janaru_77@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8906-1801>

***Увалиева Гулсия Максатовна²** – Магистрант 2-курса, кафедра компьютерных технологий и искусственного интеллекта, Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, г. Актау, Казахстан

E-mail: w_g_w@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-6151-0457>

Аннотация. В статье рассматривается применение методов цифрового моделирования и автоматизированного расчётного анализа при исследовании несущих конструкций промышленных зданий. Объектом исследования является стальной каркас одноэтажного цеха металлообработки, запроектированного для условий города Астаны. Основное внимание уделено формированию цифровой расчётной модели конструкции и автоматизированной оценке её напряжённо-деформированного состояния с использованием программного комплекса ЛИРА-САПР. В ходе исследования учтены геометрические параметры здания, характеристики конструктивных элементов, постоянные и климатические нагрузки, а также воздействие мостового крана. Размеры рассматриваемого здания приняты следующими: ширина — 30 м, длина — 66 м, высота — 10,3 м, шаг колонн — 6 м. Расчётная модель построена на основе метода конечных элементов. Сечения элементов конструкции проверены по первой и второй группам предельных состояний. Результаты цифрового моделирования позволяют оценить пространственную жёсткость, общую устойчивость стального каркаса и работоспособность отдельных элементов. Результаты исследования показывают, что применение специализированных программных средств в инженерном проектировании позволяет автоматизировать расчётные процессы, повысить наглядность результатов и обоснованность конструктивных решений. Также обоснованы мероприятия по охране труда и пожарной безопасности в соответствии со стандартами Республики Казахстан.

Ключевые слова: цифровое моделирование, компьютерное моделирование, ЛИРА-САПР, стальной каркас, промышленное здание, автоматизированный расчёт, несущие конструкции.

DIGITAL MODELING AND AUTOMATED ANALYSIS OF LOAD-BEARING STRUCTURES OF AN INDUSTRIAL BUILDING BASED ON THE LIRA-SAPR SOFTWARE PACKAGE

POSHANOVA K.ZH.¹, BEKMURATOVA L.A.¹, DUTBAYEV ZH.T.¹,
ZHUMABAYEVA ZH.O.¹, UVALIYEVA G.M.^{2*}

Poshanova Kundyzy Zhaldasbekovna¹ – Specialist, senior lecturer, department of urban planning, M. Auezov South Kazakhstan research university, Shymkent, Kazakhstan.

E-mail: pkundyzy@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-2972-0451>

Bekmuratova Lazzat Alievna¹ – Specialist, senior lecturer, department of urban planning, M. Auezov South Kazakhstan research university, Shymkent, Kazakhstan.

E-mail: amanov.ykhtiyar@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-7815-355X>

Dutbayev Zhaxylyk Toktasynovich¹ – Candidate of technical sciences, associate professor, department of transport, transport organisation and traffic, M. Auezov South Kazakhstan research university, Shymkent, Kazakhstan

E-mail: dutbaev.69@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-7416-991X>

Zhumabayeva Zhanar Orynbasarovna¹ – Master of technical sciences, M. Auezov South Kazakhstan research university, Shymkent, Kazakhstan.

E-mail: janaru_77@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8906-1801>

***Uvaliyeva Gulsiya Maksatovna²** – 2nd year master's student, department of computer technologies and artificial intelligence, Sh. Yessenov Caspian state university of technology and engineering, Aktau, Kazakhstan

E-mail: w_g_w@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-6151-0457>

Abstract. This article examines the application of digital modelling and automated structural analysis methods in the investigation of load-bearing structures of industrial buildings. The object of the study is the steel frame of a single-storey metalworking workshop designed for the climatic conditions of Astana. Particular attention is paid to developing a digital structural model and automatically evaluating its stress-strain state using the LIRA-SAPR software package. The study considers the building's geometric parameters, the characteristics of its structural elements, permanent and climatic loads, as well as the effects of an overhead travelling crane. The dimensions of the building are as follows: 30 m

in width, 66 m in length, 10.3 m in height, with a column spacing of 6 m. The structural model was developed using the finite element method. The cross-sections of the structural elements were verified according to the first and second groups of limit states. The digital modelling results make it possible to assess the spatial stiffness and overall stability of the steel frame, as well as the performance of its individual elements. The findings demonstrate that the use of specialised software tools in engineering design enables the automation of calculation processes, improves the visualisation of results, and enhances the reliability of structural solutions. Occupational health and fire safety measures were also substantiated in accordance with the standards of the Republic of Kazakhstan.

Key words: digital modelling, computer modelling, LIRA-SAPR, steel frame, industrial building, automated structural analysis, load-bearing structures.