



СӘУЛЕТ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫС
АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО
ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

DOI 10.51885/1561-4212_2023_1_69
MFTAA 67.11.41

А.Г. Гольцев¹, Т.Д. Курманғалиев², Б. Апшиқур³, А.К. Капасов⁴

Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан

¹E-mail: AGoltsev-vko@mail.ru*

²E-mail: nomad007m@yandex.ru

³E-mail: bake.ab@mail.ru

⁴E-mail: azamat040594@mail.ru

АРАЛЫҚ БЕКІТПЕЛЕРДІ БІР БОЛТТЫҚ ЖАЛҒАУДЫҢ ШЕКТІ ЖЫЛЖУ ШАМАСЫН АНЫҚТАУ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ОДНОБОЛТОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ КРЕПЛЕНИЙ

DETERMINING THE MAXIMUM MOVEMENT OF A SINGLE BOLT INTERMEDIATE FASTENING

Аңдатпа. Мақалада, саңылау түйіндері санының көп бұрандалы қосылыстардың құрастыру дәлдігіне әсері қарастырылады. Бастапқы қателіктерді бөлу функцияларының, атап айтқанда бір болтты қосылыстардың құрастыру кезінде пайда болатын шекті жылжуы және көп болтты қосылыстардың жиналған элементтерінің өзара бағдарлану дәлдігін анықтайтын қателіктерді бөлу функцияларының өзара байланысының сипаты анықталды. Шекті мәннен аспайтын ығысу күштері элементтердің жылжуын тудыратын, біршама күрделі жағдай үшін қосылыстар жазықтығында түзілетін базалық элементтерді орнату қателіктерін қалыптастырудың, теориялық схемалары қарастырылады. Саңылаулары бар, өлшемді тізбектердің ығысу жүктемелерін қабылдайтын болтты қосылыстарды есептеудің қолданыстағы инженерлік әдісін қолдану, бір болтты қосылыстардың құрастыру дәлдігін талдау үшін де, көп болтты қосылыстар үшін де, бірдей нәтиже беретіні анықталды.

Түйін сөздер: Дюбель, өзін-өзі бекітетін болт, кеңейту бекіткіштері, "болт-тесік" түйіндері, сызықтық және бұрыштық жылжулар, көп болтты жалғау, орнату қатесі.

Аннотация. В статье исследуется влияние количества отверстий в узлах на точность сборки многоболтовых соединений. Определен характер связи между функциями распределения первичных погрешностей, в частности предельным перемещением, возникающим при сборке одноболтовых соединений, и точностью взаимной ориентации собираемых элементов многоболтовых соединений. Рассмотрены теоретические схемы формирования погрешностей установки основных элементов, формируемых в плоскости стыков, для достаточно сложной ситуации, когда сдвигающие усилия, не превышающие порогового значения, вызывают перемещение элементов. С помощью существующей инженерной методики расчета болтовых соединений с отверстиями, воспринимающими сдвигающие нагрузки размерного ряда, установлено, что для анализа точности сборки одноболтовых соединений получены такие же результаты, как и для многоболтовых соединений.

Ключевые слова: Дюбель, самофиксирующийся болт, распорный крепеж, соединения

«болт-отверстие», линейные и угловые смещения, многоболтовое соединение, погрешность монтажа.

Abstract. The article investigates the influence of the number of holes in the nodes on the accuracy of the assembly of multi-screw connections. The nature of the relationship between the distribution functions of primary errors, in particular, the limiting displacement that occurs during the assembly of single-bolt joints, and the accuracy of the relative orientation of the assembled elements of multi-bolt joints, is determined. Theoretical schemes for the formation of errors in the installation of the main elements formed in the plane of the joints are considered for a rather complicated situation, when shear forces that do not exceed the threshold value cause the elements to move. With the help of the existing engineering methodology for calculating bolted joints with holes that perceive shear loads of a size range, it was found that for the analysis of the assembly accuracy of single-bolt joints, the same results were obtained as for multi-bolt joints.

Keywords: Dowel, self-locking bolt, expansion fasteners, bolt-hole connections, linear and angular displacements, multi-bolt connection, installation error.

Кіріспе. Қазіргі таңдағы құрылыс өндірісін индустрияландырудың үздіксіз өсіп келе жатқан деңгейінде, ғимараттар мен құрылыстардың бөлшектерін дайындау зауыттық жағдайларға көбірек ауысқан кезде, құрылыс алаңындағы жұмыс өндірісінің құрылымы да өзгереді. Осыған байланысты құрастыру операциялары маңызды бола түсуде, олардың негізгілері – жоғары сапалы байланыстыру мен бекіту болып табылады.

Соңғы уақыттарда құрылыста қойылатын негізгі талаптардың бірі – ең аз еңбек шығындарымен бекіткіштерді орнату және бекіту, жұмыс құнын төмендету, тұтастай алғанда қоспалардың жоғары көтергіш қабілетіне қол жеткізу. Сонымен қатар, орнатудың қарапайымдылығы және бекіту конструкцияларының эстетикасы ажырамас талаптар болып табылады [1].

Ғимараттар мен құрылыстардың тірек конструкцияларына жабдықты бекітудің қазіргі уақытта қолданылатын дәстүрлі тәсілдерін зерттеу нәтижелері (ендірілген бөлшектер, арнайы кронштейндер, металл қысқыштар, байланыстырушы шыбықтар, болттар мен түйреуіштер және т.б.), олардың қазіргі заманғы талаптарға сәйкес келмейтінін көрсетті. Атап айтқанда негізгі кемшілік, жұмыстың жоғары еңбек көлемі, монтаждау конструкцияларын монтаждауда, қосымша қажетті металдың айтарлықтай шығынымен сипатталады.

Материалдар және зерттеу әдістері. Жылжымалы жүктемені қабылдайтын болттық қосылғыштарды зерттеу Стрелецкий Н.С., Шапиро Г.А., Стрелецкий Н.Н., Вайнблат Б.М., Княжев А.Ф. және басқа авторлардың жұмыстарында көрсетілгендей, болттық жалғаулар (оның ішінде, діріл жүктемесінде жұмыс істейтін) және олардың тұтастық қабілеттілігіне бүтіндей бірқатар факторлар әсер ететіндігі айтылған. Оларды негізгі төрт топқа бөліп көрсеткен [2, 3]:

C1 – Бұрандалы қосылыстарды дайындаудың технологиялық факторларын қамтитын параметрлер тобы, мысалы: байланыстырушы элементтерінің жиектерін қалыптастыру технологиясы (оттегі, жалынды-доғалық кесу, қайшымен кесу, жиектерді механикалық өңдеу), саңлауларды қалыптастыру технологиясы (бұрғылау, қыспақтау) және т.б.;

C2 – жалғағыштардың үйкеліс әсерінің сипаттамаларын анықтайтын параметрлер тобы;

$$C2 = f(B0, \mu) \quad (1)$$

мұндағы $B0$ – болттардың алдын ала керілу күші; μ – үйкеліс коэффициенті; *C3* – жалғанатын элементтер мен болттар материалдарының геометриялық сипаттамалары мен механикалық қасиеттерін қамтитын параметрлер тобы;

$$C3 = f(C31, C32) \quad (2)$$

мұндағы $C31$ – жалғанатын элементтер материалдарының геометриялық сипаттамалары мен механикалық қасиеттерін қамтитын параметрлердің кіші тобы.

$C32$ – болт өзектері материалдарының геометриялық сипаттамалары мен механикалық қасиеттерін қамтитын параметрлердің кіші тобы;

$$C31 = f(Run, Ryn, e, e', d, d0, t, ns) \quad (3)$$

мұндағы Run, Ryn – болат темірдің үзілуге уақытша қарсылығы және болат темірдің жалғанатын элементтерінің беріктігі; e, e' – бойлық және көлденең күштің тесіктің ортасынан, жалғанатын элементтің шетіне дейінгі қашықтығы; d – болт өзегінің номиналды сыртқы диаметрі; $d0$ – болт үшін саңылаудың номиналды диаметрі; t – жалғанатын элементтердің қалыңдығы; ns – бір болттың кесінділерінің есептік саны.

$$C32 = f(Rbun, Rbyn, A, T, ns) \quad (4)$$

мұндағы $Rbun, Rbyn$ – болат темірдің үзілуге уақытша қарсылығы және болт темірінің аққыштық шегі; $A = \pi d^2/4$ – болт өзегінің есептік қимасының ауданы; T – жалғанатын элементтердің ығысу жазықтығына салыстырмалы, болттар бұрандасының орналасуы; $C4$ – көп болтты жалғаулардың, болттары арасындағы күштердің біркелкі бөлінбеуіне әсер ететін параметрлер тобы.

$$C4 = f(C41, C42) \quad (5)$$

мұндағы $C41$ – жалғанудың ұзындығы бойынша болттар арасындағы конструкция бөлімдердің әртүрлі деформациялануына байланысты, күштердің біркелкі бөлінбеуін анықтайтын параметрлердің кіші тобы; $C42$ – саңылаулардың орталықтары мен саңылаулардың диаметрлері арасындағы қашықтықтың номиналды мәндерден ауытқуынан болатын, болттар арасындағы күштердің біркелкі бөлінбеуін анықтайтын параметрлердің кіші тобы.

Осыдан, деформация – бұл жалғаудың түрін ұтымды тандаудың және жылжуға жұмысы барысында жалғауларда қалыптасуы мүмкін шектік күштерді анықтаудың негізгі шарты екенін байқауға болады [4, 5].

Жалғаулардың толық жылжуларының ауысуы қозғалыстары *Столдық* келесі қосындылардан тұратын қозғалыстар мен деформациялардың жиынтығы:

$$Столдық = Sжылжу + Ss + S + Sb.м + Sұ \quad (6)$$

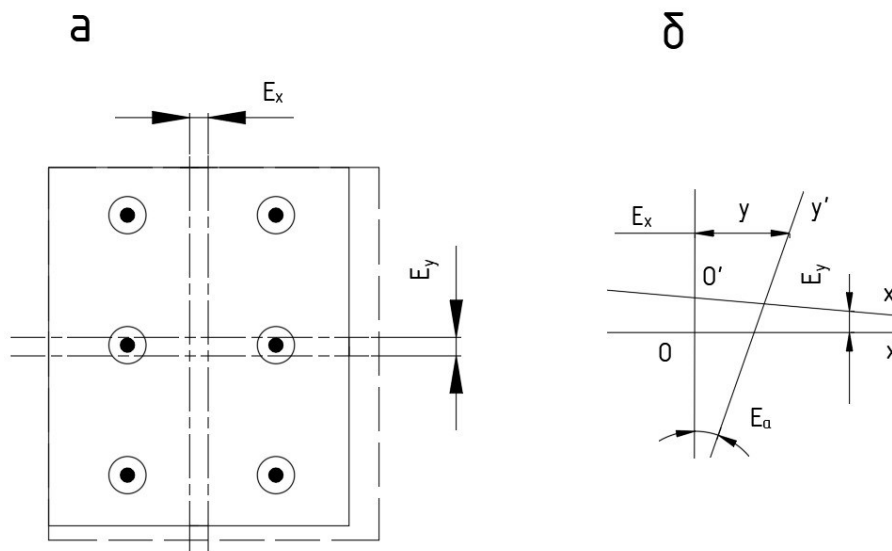
мұндағы Sc – бұл жалғаулардың жалпы ығысуының қозғалысы, оның мөлшері тесіктердің жасалу дәлдігіне және тесік пен болт өзегінің диаметрінің айырмашылығына байланысты болады; Ss – болт өзегінің ығысу және иілу деформациясы; S – жалғанатын элементтердің мыжылу деформациясы; $Sb.м$ – болт өзегінің мыжылу деформациясы; $Sұ$ – болттар арасындағы жалғанатын элементтер учаскелерінің бойлық ұзаруының (қысқаруының) деформациясы.

Болттық жалғаулардың ығысу жұмысы айтарлықтай қозғалыстардың дамуымен сипатталады – *Столдық* (5-8 мм), онымен салыстырғанда деформациялардың жиынтығы $Sb.м$ және $Sұ$ (0,03-0,1 мм) аз және әрі қарай қарастырмауға болады.

Тірек конструкцияларының беттерімен түзілетін жалғаулар жазықтығында базалық элементтерді орнатудың дәлдігі, номиналды позициядан, орнатылған элементтердің орын ауыстыру шамаларымен сандық сипатталады. Негізгі элементтердегі тесіктерді құрылым

массивінде орнатылған анкермен (дюбельдермен) біріктіру арқылы жүзеге асырылатын орнату процестері, ішінара реттелетін процестерге жатады, олар үшін қателіктердің пайда болуы «болт-саңылау» түйіндерінде саңылаулардың болуымен байланысты [6, 7].

Баяндалған саңылаулардың негізінде орнатылатын элементтер, ғимараттардың тірек беттерімен түзілетін жалғаулар жазықтығында үш бостық дәрежесіне ие болады. Негізгі элементтері орнату кезінде номиналды позициядан ауытқудың пайда болатын мәні сызықтық ауытқу E_x және E_y өстік O^*X^* және O^*Y^* , сондай-ақ олардың берілген координата жүйесіне XOY салыстырмалы бұрыштық жылжуы E_a шамаларын құрайды (1-сурет).



1-сурет. «Болт-тесік» жалғауларында саңылаулардың болуы: а – саңылаулары бар орнатылған элементтер; б – түйіндердегі сызықтық және бұрыштық ығысулар

Ғимараттардың тірек конструкцияларымен, негізгі элементтерді дюбельдермен жалғау конструкцияларын талдау, болттық жалғаулардың ең сипатты екі түрін анықтауға мүмкіндік берді (2-сурет). Олардың конструкциялық айырмашылығы дюбельдердің, негізгі элементтердің саңылауларымен және анкерлі құрылғыларының элементтерімен жалғасу ерекшеліктерімен анықталады. Екінші типтегі жалғаулар пайда болған жағдайда, тірек құрылымдарының жазықтығында орнатылатын элементтердің бағыты, жалпы саңылау шегінде жүзеге асырылатыны анық болды [6, 7, 8].

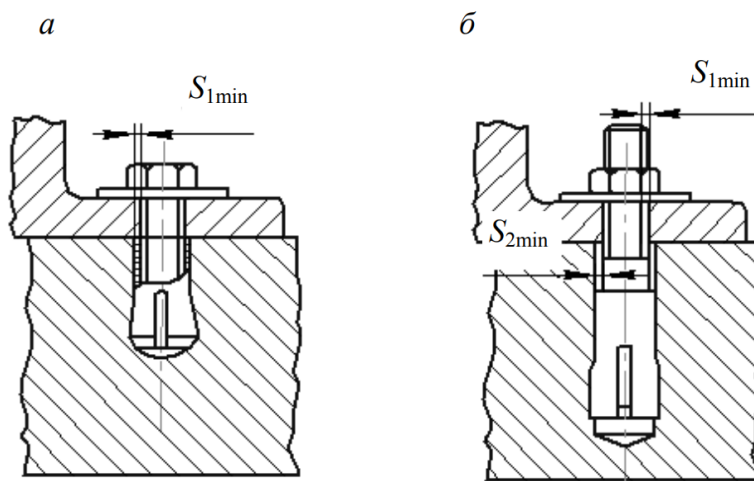
Анкерлік болттармен жалғаудың конструкциялық ерекшеліктерін ескере отырып, минималды кепілдендірілген саңылауды анықтауға және орнатылатын элементтерінің шекті сызықтық ығысудың тәуелділігін есептеуге арналған формулалар келесідей болады:

$$S_{min} = \frac{2\sqrt{(\delta_{X0} + \delta_{X\delta})^2 + (\delta_{Y0} + \delta_{Y\delta})^2}}{K} \tag{7}$$

$$E_{X(Y)} = \pm \left(0,5 \times S + \sqrt{\delta_{X(Y)0}^2 + \delta_{X(Y)\delta}^2 + \delta_S^2} \right) \tag{8}$$

мұндағы $\delta_{X(Y)0}$ – базалық элементтегі тесік осьтерінің номиналды позициядан рұқсатты

ауытқуы; $\delta_{X(\gamma)_b}$ – құрылғылардың анкерлік дюбельдер осьтерінің номиналды жағдайдан рұқсатты ауытқуы; $S_{min} = S_{min1}$, $\delta_S = \delta_{S1}$ – А типтік жалғау үшін; $S_{min} = S_{min1} + S_{min2}$, $\delta_S = \sqrt{\delta_{S1}^2 + \delta_{S2}^2}$ – В типті жалғау үшін.



2-сурет. Дюбельдермен жалғаулар: *a* – болттардың өтуіне арналған тесіктер тек негізгі элементтерде қарастырылған; *б* – саңылаулар негізгі элементтерде де, анкер құрылғыларының элементтерінде де қарастырылған.

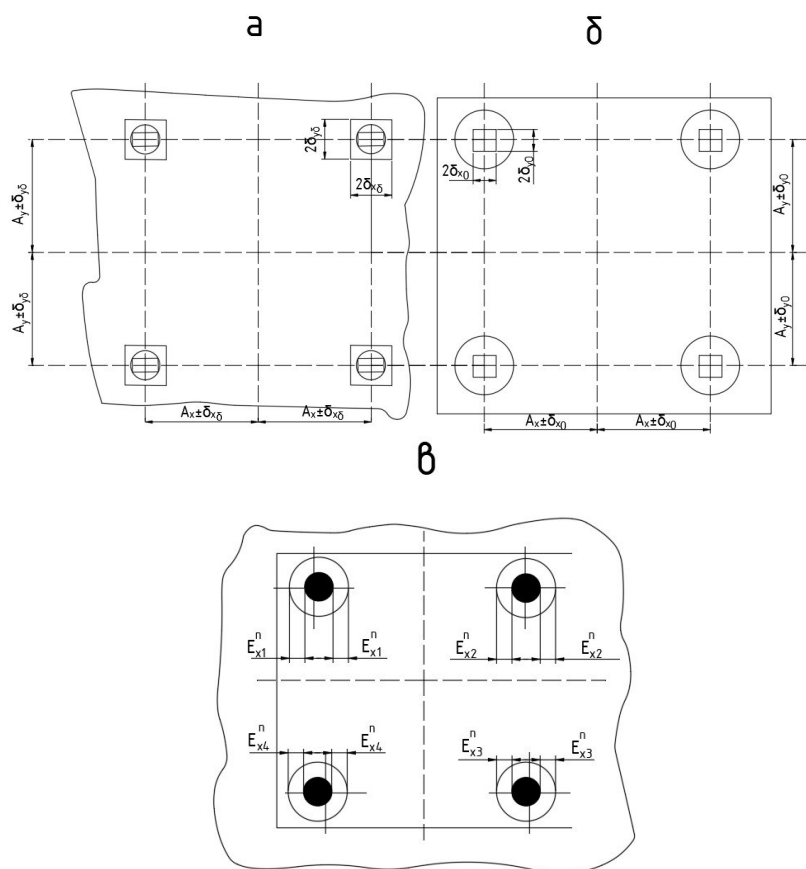
Нәтижелері және оларды талқылау. Зерттеуге қарастырылған мәселені шешу үшін келесі 3-сурет бойынша қабылданған инженерлік шешімді түсінуге болады. Олардың біріншісі *Ax* және *Ay* үйлестіру өлшемдерімен берілген номиналды позициядан орнатылған дюбель осьтерінің ауытқу өрістерінің орналасуын көрсетеді. Ауытқу өрістері 3, *a*-суретінде квадраттық штрихтармен көрсетілгендей. Осыған ұқсас, негізгі элементтердегі тесік осьтерінің ауытқу өрістері 3, *б*-суретте көрсетілген [6].

Келесі сұлбада орнатылған негізгі элементтің берілген осьтермен толық туралануы бейнеленген, яғни, қосылу жазықтығындағы элементті орнату қателіктері нөлге тең. Бұл жағдайда элементтегі тесіктер төзімділік шегіндегі кездейсоқ ауытқуларға ие, ал анкерлік құрылғыларының осьтері, анкер құрылғыларын орнатуға рұқсатты шама шегіне кездейсоқ бағдарланған. Сондықтан 3, *б*-суретте саңылаулардың қабырғалары мен дюбель стерженьдері арасындағы бүйірлік саңылаулар диаметрлі саңылаудың *S* толық көлемінің бір бөлігін құрайтын әртүрлі шамаларға ие [9, 10].

Номиналды позициядан базалық элементті жылжыту барысында, шекті орын ауыстыру мәні қарастырылып отырған бағытта барлық бүйірлік саңылаулардың минимумымен шектелетіні түсінікті. Осыдан, 3, *б*-суретте көрсетілген жағдай үшін *X* осінің оң E_{XB} және теріс E_{XH} бағыттарындағы шекті жылжулар «болт-тесік» түйіндеріндегі бірінші және төртінші жалғаулардың сәйкесінше бүйірлік саңылауларына тең болады. Баяндалған ұғымды, келесі формализацияланған түрде ұсынуға болады [11-16]:

$$E_X^B = \min_{1 \leq i \leq 4} (E_{Xi}^B) = E_{Xi}^B \quad (9)$$

$$E_X^H = \max_{1 \leq i \leq 4} (E_{Xi}^H) = E_{X4}^H \quad (10)$$



3-сурет. Орналасу сұлбалары: *a* – анкерлі болттарының осьтерінің рұқсат етілген ауытқуларының өрістері; *б* – тіректегі тесіктердің осьтерінің рұқсат етілген ауытқуларының өрістері; *в* – негізгі элементті орнату кезіндегі болттар мен тесіктер

Жалпы жағдайда, бұл тәсілді негізгі элементтерді, тірек беттермен түзілген жалғастырушы жазықтығында бағдарлау кезінде пайда болатын, номиналды позициядан ауытқудың басқа түрлері үшін де қолдануға болады, ал сипатталған құбылыстың сипаты «болт-тесік» түйіндерінің қандай да бір соңғы шектеулі санымен шектелмейді.

Болттық қосылыстарын құрастыру дәлдігін қамтамасыз етудің заманауи әдістерін талдау кезінде (3) сонымен қатар (2) есептік қатынастар «болт-тесік» түйіндерінің санының, орнатылатын элементтерінің шекті жылжуларының шамасына әсерін ескермейтіні анықталды. Яғни, саңылаулары бар өлшемді тізбектерді есептеудің қолданыстағы инженерлік әдісін қолдану, бір болтты қосылыстардың құрастыру дәлдігін талдау үшін де, көп болтты қосылыстар үшін де бірдей нәтиже береді [13-16].

Қорытынды. 1. Нақты монтаждау процестері үшін (1.3-1.5) қатынастармен сипатталатын орнатылатын элементтің жылжуының пайда болуы, негізгі элементтің анкерлі болттарына бағытталу шарттарымен байланысты. Сондықтан, «болт-тесік» түйіндеріндегі саңылаулардың мөлшерінен кем емес [14].

2. Көп болтты жалғаулар түзетін жазықтықта орнатылатын элементтердің шекті жылжуларының таралуы, ең үлкен немесе ең кіші мәндерді таңдау схемасы бойынша саңылауы бар әрбір түйін шегінде, элементтің бастапқы таралуларының бастапқы үлестірімдерін түрлендіру кезінде пайда болатын кездейсоқ шамалардың таралу заңдылығымен сипатталады [15].

3. Қалыптасқан болт жалғауларының жазықтығында анықталынған, орнатылған элементтердің орын ауыстыруларының пайда болуының теориялық схемаларын талдау, орын ауыстырулардың таралу параметрлері саңылаулармен өлшем тізбектерін есептеу кезінде алынған ұқсас параметрлерден айтарлықтай ерекшеленетінін көрсетеді [16]. Сонымен қатар, элементтердің орын ауыстыруларын бөлу параметрлерін өзгерту, осы элементтерді орнату дәлдігін арттыруға бағытталған, бұл дәлдік резервтерінің болуын және монтаждау процестерінің күрделілігін төмендетуді қамтамасыз етеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Jeong, SP., Sohn, J.W. Prediction of bolt fastening state using structural vibration signals. *J Mech Sci Technol* 33, 3963-3970 (2019). <https://doi.org/10.1007/s12206-019-0741-z>
2. Бельков В.Н., Захаренков Н.В., Захарова Н.В., Лесняк И.Ю. Прикладная механика. Расчет соединений деталей машин : учеб. пособие / В.Н. Бельков, Н.В. Захаренков, Н.В. Захарова, И.Ю. Лесняк; под общ. ред. Н.В. Захаренкова; Минобрнауки России, Ом. гос. техн. ун-т. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2021 – 252 с. : ил.
3. Szolomicki, J.; Golasz-Szolomicka, H. Technological Advances and Trends in Modern High-Rise Buildings. *Buildings* 2019, 9, 193. <https://doi.org/10.3390/buildings9090193>
4. Amiri, A.; Ottelin, J.; Sorvari, J. Are Leed-Certified Buildings Energy-Efficient in Practice? *Sustainability* 2019, 11, 1672. [Google Scholar] [CrossRef]
5. Li, B.; Gong, Y.; Xiao, H.; Gao, Y.; Liang, E. A Two-Dimensional Model for Pin-Load Distribution and Failure Analysis of Composite Bolted Joints. *Materials* 2021, 14, 3646. <https://doi.org/10.3390/ma14133646>
6. Goltsev A.G., Kurmangaliev T.D., Sherov K.T., Sikhimbayev M.R., Absadykov B.N., Mardonov B.T., Sikhimbayeva D.R., Determining limit displacements in spacer propping single bolting, news of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan. series of geology and technical sciences, Volume 2, Number 446 (2021), 55-61. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.34>
7. Курмангалиев Т.Б. Влияние лазерной обработки на триботехнические свойства железоуглеродистых сплавов / Т.Б. Курмангалиев, М.Е. Бейімбек // Молодой исследователь: вызовы и перспективы: сб. ст. по материалам ССII Международной научно-практической конференции «Молодой исследователь: вызовы и перспективы». – № 5(152). – М., Изд. «Интернаука», 2020.
8. Мартынов Г.В., Монастырева Д.Е., Макаров А.И., Морина Е.А., Дауров З.С., Тихонов Р.С. Болтовые соединения композиционных материалов в условиях климатического старения, Вестник МГСУ. – Т. 14. – Выпуск 7, 2019. – С. 852-861.
9. Скрябин, А. С. Бессварное соединение железобетонных колонн. Преимущество и недостатки / А.С. Скрябин, Е.Н. Рудомин, В.А. Биленко. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2021. – № 51 (393). – С. 72-73. – URL: <https://moluch.ru/archive/393/86993/> (дата обращения: 03.11.2022).
10. Croccolo, D.; de Agostinis, M.; Fini, S.; Olmi, G.; Paiardini, L.; Robusto, F. Threaded Fasteners with Applied Medium or High Strength Threadlockers: Effect of Different Tightening Procedures on the Tribological Response. *J. Adhes.* 2020, 96, 64–89. [CrossRef]
11. Croccolo, D.; de Agostinis, M.; Fini, S.; Olmi, G.; Paiardini, L.; Robusto, F. Effects of Aging Temperature and Humidity on the Response of Medium and High Strength Threadlockers. *J. Adhes.* 2021, 98, 721–738. [CrossRef]
12. Ribeiro, T.; Bernardo, L.; Carrazedo, R.; De Domenico, D. Seismic Design of Bolted Connections in Steel Structures—A Critical Assessment of Practice and Research. *Buildings* 2022, 12, 32. <https://doi.org/10.3390/buildings12010032>
13. Talebian, N.; Gilbert, B.P.; Baldassino, N.; Karampour, H. Factors contributing to the transverse shear stiffness of bolted coldformed steel storage rack upright frames with channel bracing members. *Thin-Walled Struct.* 2019, 136, 50–63. [CrossRef]

14. Ushio, Y.; Saruwatari, T.; Nagano, Y. Elastoplastic FEM analysis of earthquake response for the field-bolt joints of a tower-crane mast. *Adv. Comput. Des.* 2019, 4, 53-72. [CrossRef]
15. Xue, G.; Bao, W.; Jiang, J.; Shao, Y. Hysteretic Behavior of Beam-to-Column Joints with Cast Steel Connectors. *Shock Vib.* 2019, 2019, 1-20. [CrossRef]
16. Wang, M.; Bi, P.; Li, F.X. Design of steel frame cover plate connected joints with low yield point steel «ductile fuses». *Gongcheng Lixue/Eng. Mech.* 2020, 37, 168-182. [CrossRef]

References

1. Jeong, S.P., Sohn, J.W. Prediction of bolt fastening state using structural vibration signals. *J Mech Sci Technol* 33, 3963-3970 (2019). <https://doi.org/10.1007/s12206-019-0741-z>
2. V.N. Bel'kov, N.V. Zaharenkov, N.V. Zaharova, I.YU. Lesnyak. *Prikladnaya mekhanika. Raschet soedinenij detalej mashin : ucheb. posobie / V.N. Bel'kov, N.V. Zaharenkov, N.V. Zaharova, I.YU. Lesnyak ; pod obshch. red. N.V. Zaharenkova; Minobrnauki Rossii, Om. gos. tekhn. un-t. – Omsk: Izd-vo OmGTU, 2021. – 252 s.: il.*
3. Szolomicki, J.; Golasz-Szolomicka, H. Technological Advances and Trends in Modern High-Rise Buildings. *Buildings* 2019, 9, 193. <https://doi.org/10.3390/buildings9090193>
4. Amiri, A.; Ottelin, J.; Sorvari, J. Are Leed-Certified Buildings Energy-Efficient in Practice? *Sustainability* 2019, 11, 1672. [Google Scholar] [CrossRef]
5. Li, B.; Gong, Y.; Xiao, H.; Gao, Y.; Liang, E. A Two-Dimensional Model for Pin-Load Distribution and Failure Analysis of Composite Bolted Joints. *Materials* 2021, 14, 3646. <https://doi.org/10.3390/ma14133646>
6. A.G. Goltsev, T.D. Kurmangaliev, K.T. Sherov, M.R. Sikhimbayev, B.N. Absadykov, B.T. Mardonov, D.R. Sikhimbayeva, Determining limit displacements in spacer propping single bolting, news of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences, Volume 2, Number 446 (2021), 55-61. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.34>
7. Kurmangaliev T.B. Vliyanie lazernoj obrabotki na tribotekhnicheskie svojstva zhelezouglerodistykh splavov / T.B. Kurmangaliev, M.E. Bejimbek // *Molodoj issledovatel': vyzovy i perspektivy: sb. st. po materialam CLII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Molodoj issledovatel': vyzovy i perspektivy»*. – № 5(152). – M., Izd. «Internauka», 2020.
8. Martynov G.V., Monastyreva D.E., Makarov A.I., Morina E.A., Daurov Z.S., Tihonov R.S. Boltovye soedineniya kompozitsionnykh materialov v usloviyah klimaticheskogo stareniya, *Vestnik MGSU*. – Tom 14. – Vypusk 7, 2019. – S. 852-861.
9. Skryabin, A.S. Bessvarnoe soedinenie zhelezobetonnnykh kolonn. Preimushchestvo i nedostatki / A. S. Skryabin, E.N. Rudomin, V.A. Bilenko. – Tekst : neposredstvennyj // *Molodoj uchenyj*. – 2021. – № 51 (393). – S. 72-73. – URL: <https://moluch.ru/archive/393/86993/> (data obrashcheniya: 03.11.2022).
10. Croccolo, D.; de Agostinis, M.; Fini, S.; Olmi, G.; Paiardini, L.; Robusto, F. Threaded Fasteners with Applied Medium or High Strength Threadlockers: Effect of Different Tightening Procedures on the Tribological Response. *J. Adhes.* 2020, 96, 64-89. [CrossRef]
11. Croccolo, D.; de Agostinis, M.; Fini, S.; Olmi, G.; Paiardini, L.; Robusto, F. Effects of Aging Temperature and Humidity on the Response of Medium and High Strength Threadlockers. *J. Adhes.* 2021, 98, 721-738. [CrossRef]
12. Ribeiro, T.; Bernardo, L.; Carrazedo, R.; De Domenico, D. Seismic Design of Bolted Connections in Steel Structures-A Critical Assessment of Practice and Research. *Buildings* 2022, 12, 32. <https://doi.org/10.3390/buildings12010032>
13. Talebian, N.; Gilbert, B.P.; Baldassino, N.; Karampour, H. Factors contributing to the transverse shear stiffness of bolted coldformed steel storage rack upright frames with channel bracing members. *Thin-Walled Struct.* 2019, 136, 50-63. [CrossRef]
14. Ushio, Y.; Saruwatari, T.; Nagano, Y. Elastoplastic FEM analysis of earthquake response for the field-bolt joints of a tower-crane mast. *Adv. Comput. Des.* 2019, 4, 53-72. [CrossRef]
15. Xue, G.; Bao, W.; Jiang, J.; Shao, Y. Hysteretic Behavior of Beam-to-Column Joints with Cast Steel Connectors. *Shock Vib.* 2019, 2019, 1-20. [CrossRef]
16. Wang, M.; Bi, P.; Li, F.X. Design of steel frame cover plate connected joints with low yield point steel «ductile fuses». *Gongcheng Lixue/Eng. Mech.* 2020, 37, 168-182. [CrossRef]