



СӘУЛЕТ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫС
АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО
ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

DOI 10.51885/1561-4212_2023_2_265

MPNТИ 67.11.29

А.В. Хапін¹, Б.Е. Махиев²

¹Восточно-Казахстанский технический университет, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

¹E-mail: sacha2447@rambler.ru

²E-mail: bolat6505@rambler.ru*

ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕЩИН В КИРПИЧНЫХ СТЕНАХ ПЯТИЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА, ВОЗВЕДЕННОГО В УСЛОВИЯХ ГОРНОГО РЕЛЬЕФА

ТАУЛЫ РЕЛЬЕФ ЖАҒДАЙЫНДА САЛЫНҒАН БЕС ҚАБАТТЫ ТҰРҒЫН ҮЙДІҢ КІРПІШ ҚАБЫРҒАЛАРЫНДА ЖАРЫҚШАҚТАРДЫҢ ПАЙДА БОЛУ СЕБЕПТЕРІ

CAUSES OF CRACKING IN THE BRICK WALLS OF A FIVE-STORY BLOCK OF FLATS BUILT IN MOUNTAINOUS TERRAIN

Аннотация. В статье рассматриваются причины образования повреждений в строительных конструкциях пятиэтажного кирпичного жилого дома, построенного в условиях горного рельефа. Проводится анализ инженерно-геологических условий строительной площадки, принятого проектного решения по устройству искусственного основания. Показана неизбежность просадочных явлений грунта при допущенных инженерных ошибках и технологических нарушениях правил производства работ. Анализируются характер повреждений жилого дома и его техническое состояние. Предложены методы восстановления и усиления строительных конструкций.

Ключевые слова: горный рельеф, инженерно-геологические условия, искусственное основание, просадочные явления, повреждения строительных конструкций, восстановление и усиление.

Аңдатпа. Мақалада таулы рельефте салынған бес қабатты кірпіш тұрғын үйдің құрылыс құрылымдарының зақымдану себептері қарастырылған. Қабылдаған жобалық шешімі бойынша жасанды негіз орнатуына құрылыс алаңының инженерлік-геологиялық шарттарының талдауы жасалады. Жұмыстарды өндіру ережелерінің технологиялық бұзылуы және инженерлік қателер жіберуінен топырақтың шөгуге құбылыстарының болмай қоймайтындығы көрсетіледі. Тұрғын үй ғимаратының зақымдану сипаты және оның техникалық жағдайы талданады. Құрылыс құрылымдарының қалпына келтіру және нығайту әдістері ұсынылған.

Түйін сөздер: таулы рельеф, инженерлік-геологиялық шарттар, жасанды негіз, шөгуге құбылыстары, құрылыс құрылымдарының бұзылуы, қалпына келтіру және нығайту.

Abstract. This article deals with the causes of damage to the building structures of a five-story brick block of flats built in mountainous terrain. The engineering and geological conditions of the construction site and design solution for the artificial base course are analyzed. Describes the inevitability of ground subsidence due to engineering errors and technological violations of work rules. The nature of damage to the dwelling house and its technical condition are analyzed. Methods for rebuilding and reinforcing building structures are proposed.

Keywords: mountainous terrain, geological conditions, artificial foundation, subsidence phenomena, structural damage, rebuilding and reinforcement.

Введение. В последние годы основной объем нового жилищного строительства выполняется в левобережной зоне Иртыша города Усть-Каменогорска. Природные условия для

возведения жилого дома этого микрорайона характеризуются сложным рельефом и многообразием вариантов инженерно-геологических условий, затрудняющих выбор надежного конструктивного решения фундаментов зданий. Дополнительным фактором, усложняющим конструктивные решения узлов взаимодействия системы «грунтовое основание – фундамент» является учет сейсмических воздействий, которые регламентируются современным сводом правил [1]. Он разработан в соответствии с [2], который взят за основу и адаптирован к условиям Республики Казахстан учеными АО «КазНИИСА» [3].

Целью настоящего исследования является анализ причин повреждений строительных конструкций нового пятиэтажного жилого дома, которые начали появляться до сдачи объекта в эксплуатацию.

Материалы и методы исследования. Возведение жилого микрорайона выполнялось в 2019-2021 годах в условиях среднегорного рельефа, который характеризовался наличием протяженных склонов. В связи с этим было принято решение возводить жилые дома микрорайона на террасах, образующих ступенчатый рельеф с горизонтальными строительными площадками. Грунтовые условия террас характеризовались соседством насыпного грунта и грунта естественного сложения, что создавало риск неравномерной осадки фундаментов и угрозу просадочных явлений. Еще до окончания строительства на завершающей стадии в строительных конструкциях началось ускоренное накопление повреждений. В связи с этим потребовалось оперативное проведение обследования для выявления причин, а также для прогнозирования дальнейшего развития этих негативных событий. В итоге требовалось решить вопрос о возможности усиления здания, либо о его сносе.

По конструктивной схеме жилой дом относится к зданиям с несущими поперечными кирпичными стенами. Продольные стены самонесущие. Толщина наружных стен 510 мм, внутренних 380 мм, материал – кирпич глиняный пластического формования марки М100 на цементном растворе марки М50. Фундаменты ленточные, из сборных фундаментных блоков с глубиной заложения подошвы 2,5 м. Здание имеет подвальный этаж, четыре надземных этажа с кирпичными стенами, пятый этаж мансардный каркасной конструкции со стенами из панелей с обшивками из древесностружечных плит и утеплителем из минераловатных материалов.

Такое конструктивное решение принято в связи с сейсмичностью зоны и площадки строительства интенсивностью 7 баллов. Здание имеет междуэтажные перекрытия из сборных пустотных железобетонных плит с антисейсмическими поясами из монолитного железобетона и армированные горизонтальными сетками стены, что отвечает требованиям сейсмостойкого строительства [1].

Сложность инженерно-геологических условий места строительства обусловлена двумя факторами. Первый – это рельеф. Жилой дом располагается на склоне с разницей отметок дневной поверхности земли в пределах плана, равной 6,5 м (рис. 1). Формирование горизонтальной поверхности террасы требовало больших объемов земляных работ и размещения ленточных фундаментов на искусственном грунтовом основании. Положение жилого дома усугублялось тем, что он был крайним; ниже него террас больше не было, начиналось резкое понижение рельефа. Выше этой террасы располагалась вторая ступень с соседним домом, перепад высот соседних террас составлял 2,5 м. Именно в этом жилом доме произошло ускоренное накопление повреждений – трещин в продольных кирпичных стенах.

Второй фактор – инженерно-геологические условия площадки строительства. Они характеризуются следующими данными (рис. 2). Растительный слой примерно равномерный, мощностью около 0,4 м. Первый инженерно-геологический элемент (ИГЭ) –

суглинок с примесью дресвы и щебня, сухой, непросадочный, непучинистый, мощностью 2,2 м.

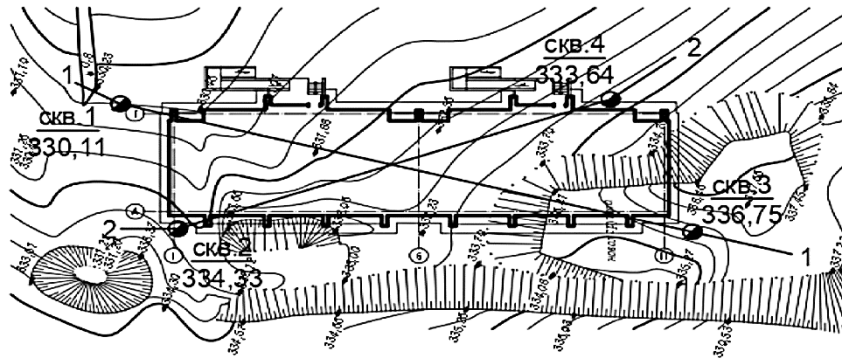


Рисунок 1. Характер рельефа с перепадом высот дневной поверхности земли и контур плана жилого дома

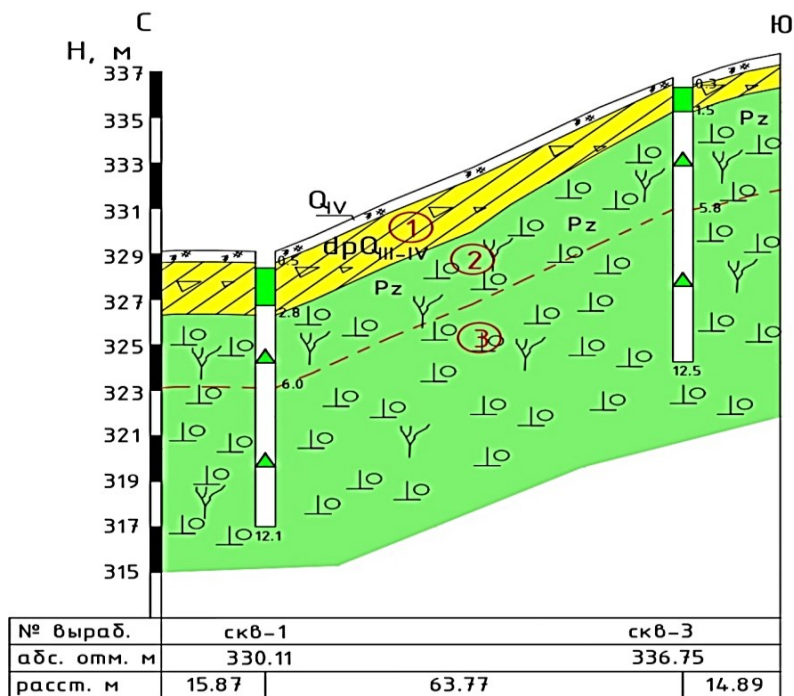


Рисунок 2. Инженерно-геологический разрез по линии СКВ. 1 – СКВ.3

Второй элемент – сильновыветрелый скальный грунт мощностью 3,4...4,5 м, прочность на сжатие 3,5 кгс/см². Третий слой – слабовыветрелый скальный грунт, прочность 6 кгс/см². По уровню слои в пределах расположения здания неровные, с перепадами глубины заложения как вдоль, так и поперек здания.

Проектное решение предусматривало устройство искусственного основания из щебня с коэффициентом послойного уплотнения 0,95 (рис. 3). Такая степень уплотнения соответствует требованиям, предъявляемым к основаниям под фундаменты зданий и сооружений [4].

Под грунт искусственного основания надо было создать горизонтальную площадку, в

основании которой лежит слабыветрелый скальный грунт второго ИГЭ. Поскольку он залегал на разных отметках, то толщину подушки планировалось сделать переменной: под первым подъездом жилого дома толщиной 2 м, под вторым подъездом – 5,3 м. Перепад толщины подушки попадал на поперечную кирпичную стену, разделяющую подъезды.

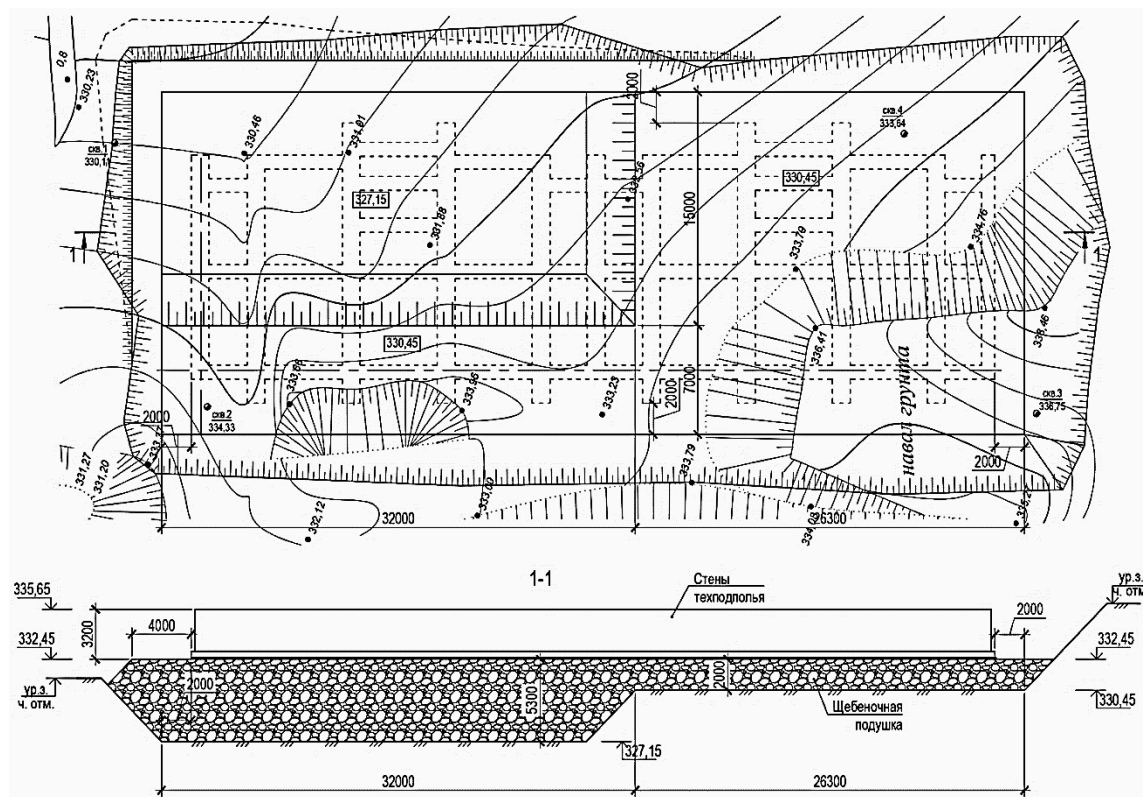


Рисунок 3. Инженерное решение искусственного грунтового основания

Надежность такого инженерного решения искусственного основания вызывает обоснованное сомнение. Даже при тщательном изготовлении подушки был риск неравномерных осадок фундаментов из-за разной толщины подушки и, как следствие, появления трещин в продольных стенах здания.

При изготовлении грунтовой подушки были допущены грубые технологические ошибки. В соответствии с требованиями [5] в насыпном материале не должно содержаться замороженных и набухающих грунтов, снега и льда. Суглинок и верхний слой скалы разрабатывался с применением гидромолотов. Основание под подушку не было горизонтальным, поэтому часть фундаментов монтировалась на скалу. В месте увеличенной толщины засыпался не щебень, а грунт, который представлял собой смесь суглинка с крупнообломочным скальником. Никаких испытаний, которые предусматриваются нормативным документом [6], при этом не проводилось, не исследовалась структурная неустойчивость грунта [7]. И самое главное: грунт был сильно увлажнен по сравнению с грунтом естественного сложения, засыпка производилась в зимний период (декабрь – январь 2019 г.), когда грунт был заморожен, мог вспучиться, а об уплотнении не было и речи. На такое основание были смонтированы фундаменты, и до весны возведена вся надземная часть здания.

Таким образом, при устройстве щебеночной подушки были нарушены правила подго-

товки искусственного основания [8]. Не проводилось поверхностное уплотнение, что привело к масштабным просадкам.

Как только грунт начал оттаивать, в продольной стене заднего фасада в месте примыкания к поперечной стене, разделяющей подъезды, стала раскрываться вертикальная трещина. Она росла с мая до середины августа (толщина замерзшей грунтовой подушки с учетом грунта обратной засыпки составила около 7 м). Максимальная ширина раскрытия трещин на третьем и четвертом этажах составила 65 мм, произошли разрывы горизонтальных арматурных сеток, арматуры антисейсмических поясов, произошло сползание плит перекрытий с поперечных несущих стен.

В продольной стене главного фасада образовались наклонные трещины в простенках, выходящих на лоджии. Ширина раскрытия трещин достигала 65 мм (рис. 4) и имела максимальные значения в уровне третьего и четвертого этажей, уменьшаясь к первому этажу (рис. 5).



Рисунок 4. Трещина в кирпичной кладке стены четвертого этажа



Рисунок 5. Трещина в кирпичной кладке стены первого этажа

Результаты и их обсуждения. Для решения вопроса о возможности восстановления жилого дома потребовалось проведение оперативного обследования здания, которое производилось в соответствии с нормативными документами [9, 10]. На его основании необходимо было дать ответы на конкретные вопросы: стабилизировался ли грунт; будет ли расти просадка; нет ли угрозы оползня из-за сейсмичности зоны, неровного низа искусственного основания, из-за проникновения верховодки и вызванной этим суффозии? Для этого был проведен тщательный анализ фактической технологии выполнения строительных работ по устройству искусственного основания и имеющегося опыта сходных исследований, изложенных в монографии [11].

Проектом предусматривалось послойное уплотнение грунтов; толщина слоев – 200...300 мм. Таким образом, максимальное число слоёв при толщине подушки 2 м составило 10, при толщине подушки 5,3 м – 26. Даже если бы эта работа была тщательно выполнена, осадка здания была бы неравномерной, что могло спровоцировать появление трещины в продольных стенах вблизи оси 6 (рис. 1). Следовательно, проектом было принято изначально рискованное решение, снижающее надёжность фундаментов. Учитывая сложность инженерно-геологических условий, было целесообразно применить другой тип фундамента (например, свайный [12]) или отказаться от возведения здания на этом участке.

Возведение грунтовой подушки производилось в зимний период, когда грунт был в замороженном состоянии, и уплотнить его послойно было невозможно. При подсыпке мёрзлого грунта в состав подушки могли попасть куски льда и снега, что является грубым нарушением технологии строительства [4, 5]. Наиболее вероятным материалом грунтовой подушки был грунт первого инженерно-геологического элемента – суглинка с включением дресвы и щебня. Такой грунт характеризуется отсутствием просадочных свойств (если он не заморожен).

При возведении фундаментов здания в осях 1-6 в зимний период грунт искусственного основания с толщиной подушки 5,3 м был заморожен, а летом оттаял, и произошла просадка. Наиболее интенсивно она росла в период с июля до начала августа 2019 г. (таяние происходило до середины лета в связи с большой глубиной замороженного слоя – около 7 м). После этого грунт подушки уплотнился, высох (уровень грунтовых вод при изыска-

ниях до глубины 12...13 м не был обнаружен). Поскольку он не обладал просадочными свойствами, просадка прекратилась.

Следовательно, образование трещин в летний период 2019 г. было вызвано неравномерной просадкой, характеризующейся лавинообразным (в течение 1...2 недель) нарастанием ширины раскрытия трещин. Просадка под секцией в осях 1-6 была больше, что объясняется большей толщиной искусственного основания – грунтовой подушки толщиной 5,3 м. Просадка под секцией в осях 6-11 была меньше, так как толщина подушки равнялась 2 м. Дальнейшее развитие трещин прекратилось и в перспективе их нарастание, как и образование новых трещин, маловероятно. Это подтверждается тем, что новых трещин в месте заделанных по ряду А за 14 месяцев с момента заделки не появилось.

Однако существует опасность проникновения поверхностных вод в грунт искусственного основания фундаментов. Со стороны ряда А рельеф имеет резкий перепад высот, и поверхностные воды скатываются к отмостке здания, уровень которой ниже поверхности земли. Со стороны оси 1 имеется воронкообразная впадина, в которой расположен не засыпанный грунтом колодец (рис. 1). В эту впадину при сильных ливнях стекает дождевая вода, промывшая в перепаде высот канаву. Так как дно впадины состоит из крупнообломочного скального грунта, дождевая вода свободно проходит сквозь него и может попадать в основание фундамента жилого дома. Учитывая рельеф и грунтовые условия, попадающая в искусственное основание влага мигрирует по уклону скального грунта, поэтому может вызвать суффозию – вымывание мелкодисперсных частиц искусственного основания. Это может привести к новой осадке (не такой масштабной, как первая, но способной вызвать появление новых трещин в стенах). Этот фактор следует учесть при разработке мероприятий по усилению строительных конструкций жилого дома и дальнейшей эксплуатации.

Поэтому было принято решение вести наблюдение за раскрытием трещин (хотя бы в течение 4...5 месяцев). На трещины установили простейшие маяки из гипсового теста, и каждые 3...4 недели их осматривали. В период наблюдений с 27.02.2020 г. по 02.06.2020 г. ни одной трещины не появилось. Было принято решение достраивать дом и выполнять усиление стен, поскольку грунт стабилизировался [13].

Для исключения влияния верховодки на грунт перед зданием у уступа вышележащей террасы была устроена нагорная канава в виде бетонного желоба с уклоном, отводящим поверхностные воды от здания. Это уменьшит опасность оползня или суффозии, так как зона сейсмоопасная.

Заключение. На основании анализа конструктивного решения, проектной документации, результатов инженерно-геологических изысканий и результатов обследования жилого дома можно сделать следующие выводы [10]:

1. Техническое состояние кирпичных стен по ряду Г в связи с образованием трещин в простенках в месте пересечения с внутренней стеной по оси 6 с шириной раскрытия до 65 мм соответствует категории III по таблице Ж.1 приложения Ж свода правил [9] и является ограниченно работоспособным. Это означает, что при расчётном сейсмическом воздействии существует опасность обрушения.

2. Техническое состояние плит междуэтажных перекрытий в отдельных местах в осях 6-7 из-за недостаточной длины площадок опирания на стену по оси 6 соответствует категории III по таблице Ж.2 приложения Ж свода правил [9] и является ограниченно работоспособным. В случае расчётного сейсмического воздействия существует опасность обрушения согласно сейсмической шкале MSK-64 (К) [14].

3. При основном сочетании нагрузок (в отсутствие расчётного сейсмического воздействия интенсивностью 7 баллов) обрушение строительных конструкций исключается, так

как стены по рядам А и Г являются самонесущими и не воспринимают нагрузку от междуэтажных перекрытий.

4. Причиной образования трещин и связанных с этим сползанием плит перекрытий являются неравномерные просадки грунтовой подушки в основании фундаментов здания.

5. Дальнейшее нарастание ширины раскрытия трещин не прогнозируется, так как просадка грунтового основания прекратилась.

6. Для устранения повреждений рекомендуется выполнить комплекс работ по усилению строительных конструкций здания [15], включающий:

– увеличение толщины поперечной стены по оси 6 со стороны оси 7 на всех четырёх этажах на 130 мм, где эта работа не выполнена, при помощи кирпичной кладки из кирпича марки М100 на цементном растворе марки М50 (это уширение выполнено не на всех четырёх этажах и не по всей длине поперечной стены);

– замену кирпичной кладки простенков на лоджиях со стороны ряда Б (рис. 1) с применением горизонтального армирования растворных швов и соединения с существующими сетками, проходящими сквозь поперечную стену;

– усиление антисейсмических поясов в местах образования нормальных трещин путём удаления защитного слоя бетона и приваривания накладок из арматурных стержней в случае обрыва арматуры;

– устранение опасности замачивания грунта искусственного основания фундамента жилого дома путём устройства нагорной канавы вдоль стены ряда А с бетонным покрытием и уклонами, гарантированно отводящими поверхностные воды от здания.

7. Для оценки качества уплотнения грунта в уровне подошвы фундаментов рекомендуется провести дополнительные исследования. В случае прогноза дальнейшей просадки разработать мероприятия по усилению грунта основания.

References

1. SP RK 2.03-30-2017*. Stroitel'stvo v seismicheskikh zonah / Komitet po delam stroitel'stva i ZhKH Ministerstva po investitsijam i razvitiju RK. – Astana, 2018. – 111 p.
2. SP RK EN 1998-1: 2004/2012. Proektirovanie sejsmostojkikh konstrukcij. Chast' 1. Obshhie pravila, sejsmicheskie vozdeystvija i pravila dlja zdaniy / Komitet po delam stroitel'stva i ZhKH Ministerstva nacional'noj jekonomiki Respubliki Kazahstan. – Astana, 2016. – 224 p.
3. Bespaev A.A. K perehodu ot SP RK 2.03-30-2017* k proektirovaniju po SP RK EN 1998-1: 2004/2012 // Vestnik nacional'noj inzhenernoj akademii Respubliki Kazahstan. – Almaty, 2019. – № 3. – S. 12-21.
4. Mangushev R.A., Usmanov R.A. Geotekhnicheskie metody podgotovki stroitel'nyh ploshhadok / SPbGASU. – Sankt-Peterburg, 2012. – 56 p.
5. SP RK EN 1997-1: 2004/2011. Geotekhnicheskoe proektirovanie. Chast' 1. Obshhie pravila / Komitet po delam stroitel'stva i ZhKH Ministerstva nacional'noj jekonomiki Respubliki Kazahstan. – Astana, 2016. – 140 p.
6. SP RK EN 1997-2: 2007/2011. Geotekhnicheskoe proektirovanie. Chast' 2. Issledovanija i ispytaniya grunta / Komitet po delam stroitel'stva i ZhKH Ministerstva nacional'noj jekonomiki Respubliki Kazahstan. – Astana, 2016. – 176 p.
7. NTP RK 7-01.2-2011. Proektirovanie zdaniy i sooruzhenij na strukturno-neustojchivyh gruntah / Komitet po delam stroitel'stva, ZhKH i upravlenija zemel'nymi resursami Ministerstva nacional'noj jekonomiki Respubliki Kazahstan. – Astana, 2015. – 118 p.
8. Mangushev R.A., Usmanov R.A., Lan'ko S.V., Konjushkov V.V. Metody podgotovki i ustrojstva iskusstvennyh osnovanij. – SPb.: izd. ASV, 2012. – 266 p.
9. SP RK 1.04-101-2012. Obsledovanie i ocenka tehničeskogo sostojanija zdaniy i sooruzhenij / Komitet po delam stroitel'stva, ZhKH i upravlenija zemel'nymi resursami Ministerstva nacional'noj jekonomiki RK. – Astana, 2015.
10. SP RK 1.04-110-2017. Obsledovanie, ocenka tehničeskogo sostojanija i sejsmousilenie zdaniy i sooruzhenij / Komitet po delam stroitel'stva i ZhKH Ministerstva po investitsijam i razvitiju RK. – Astana, 2017. – 49 p.

11. Mangushev R.A. Ustrojstvo i rekonstrukcija osnovanij i fundamentov na slabyh i strukturno-neustojchivyh gruntah: monografija / Mangushev R.A., Osokin A.I., Usmanov R.A. – Sankt-Peterburg, 2021. – 456 p.
 12. Mangushev R.A., Ershov A.V., Osokin A.I. Sovremennye svajnye tehnologii. SPb., izd. ASV, 2010. – 235 p.
 13. Stabilizacija i inzhenernaja zashhita territorii opolznevogo sklona v uslovijah sushhestvujushhej zastrojki // Vestnik grazhdanskih inzhenerov. – 2013. – № 2 (37). – S. 91-97.
 14. SN RK 2.03-28-2004. Shkala dlja ocenki intensivnosti zemletrjasenij MSK-64(K). Komitet po delam stroitel'stva i zhilishhno-kommunal'nogo hozjajstva Ministerstva industrii i torgovli RK. – Almaty, 2004. – 16 p.
 15. Serija 0.00-2.96s. Povyshenie sejsmostojkosti zdaniy. Vypusk 0-1. Kamennye i kirpichnye zdaniya. Materialy dlja proektirovanija. – CNIISK im. Kucherenko, 1997. – 82 p.
-
-