

УДК 624.07

С. В. МАЛИКОВ, П. А. БЕРЕЖНОЙ, В. Л. КУЗНЕЦОВ, О. А. СИНЮГИН

ООО «Донецкий Промстройинипроект»

ОПЫТ РАССЛЕДОВАНИЯ ПРИЧИН СТРОИТЕЛЬНОЙ АВАРИИ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БЕЗОПАСНОГО ДЕМОНТАЖА ПОВРЕЖДЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ УЧЕБНОГО КОРПУСА № 4 ДОННУЭТ ИМ. М. ТУГАН-БАРАНОВСКОГО

Аннотация. В статье приведен опыт системного подхода к обследованию строительных конструкций с целью определения причин обрушения восточного крыла здания учебного корпуса № 4 ДонНУЭТ им. М. Туган-Барановского, а также представлена разработка технологии безопасного демонтажа поврежденных конструкций.

Ключевые слова: строительная авария, обрушение, перегрузка, простенок, стропильные фермы, обследование, демонтаж.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Строительная авария, произошедшая в восточном крыле здания учебного корпуса № 4 Донецкого национального университета экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского, расположенного по адресу: г. Донецк, б. Шевченко, 30 с обрушением части строительных конструкций.

ЦЕЛИ

Выявление причин строительной аварии и разработка безопасной технологии демонтажа поврежденных и сохранившихся конструкций аварийного участка здания.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В настоящее время, в силу ряда объективных причин, сократился объем плановых обследований зданий и сооружений, в связи с чем участились случаи несвоевременного выявления признаков аварийного состояния строительных конструкций. Описанный в статье системный подход к исследованию причин уже произошедшей аварии позволяет в большинстве случаев предотвратить дальнейшее обрушение конструкций или предотвратить аварийную ситуацию при регулярном мониторинге за строительным объектом при своевременном принятии мер.

Так, 29.06.2017 г. произошло обрушение части строительных конструкций восточного крыла здания учебного корпуса № 4 Донецкого национального университета экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского (далее – ДонНУЭТ), расположенного по адресу: г. Донецк, б. Шевченко, 30 (рис. 1). Через 2 часа после обрушения специалисты института были на месте аварии по вызову МЧС для проведения первоначального осмотра и фиксации ситуации (**первый этап исследований**).

Осмотр показал, что авария произошла в осях 4–7, А–Д. Общее планировочное решение отсека здания с указанием координационных осей приведено на рис. 2.

Правое крыло здания учебного корпуса № 4 четырехэтажное, прямоугольное в плане, соединено с главным корпусом переходом, разделенным деформационным швом.

Здание эксплуатируется с 1968 г. Проектная и строительная организации, выполнявшие проектирование и строительство объекта, не установлены.



Рисунок 1 – Общий вид участка обрушения строительных конструкций восточного крыла здания учебного корпуса № 4 ДонНУЭТ.

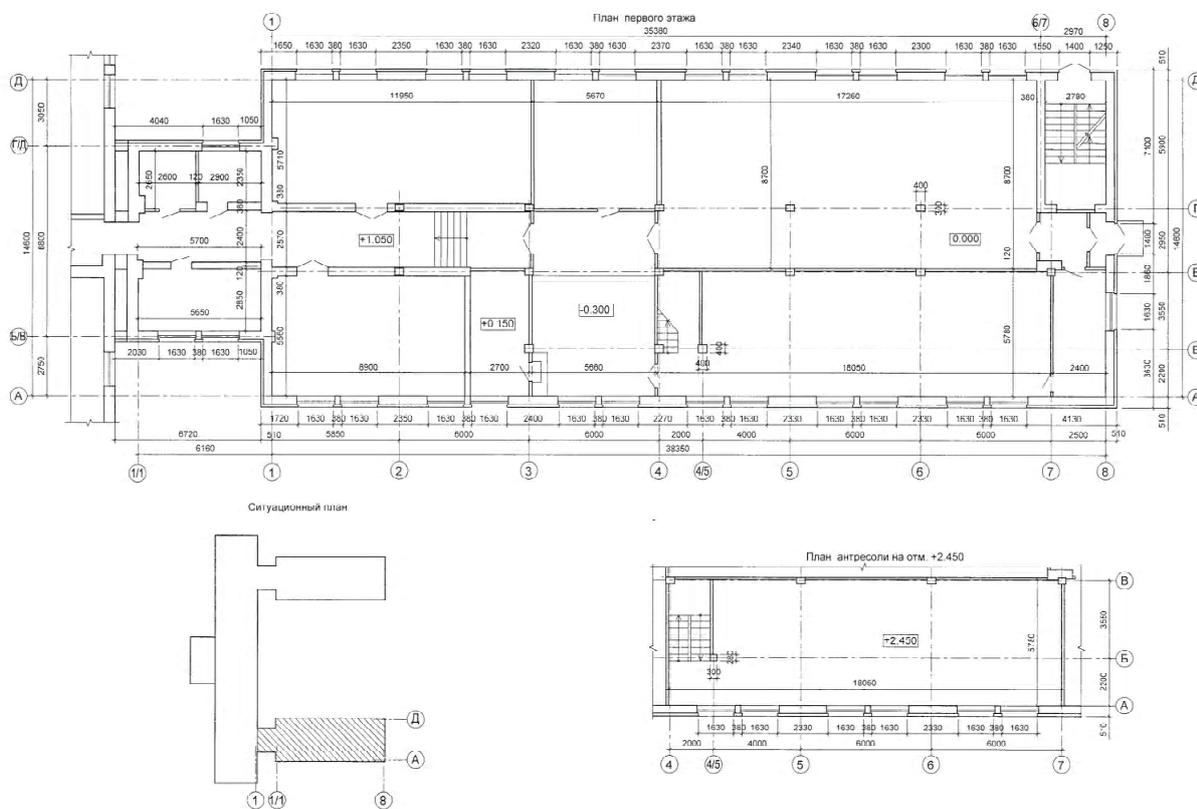


Рисунок 2 – План первого этажа восточного крыла здания учебного корпуса № 4.

По конструктивной схеме здание восточного крыла: по подвалу и 1–2 этажам (библиотека и аудитория) – с неполным железобетонным каркасом в осях 2–7 с колоннами вдоль осей В, Г и, частично, вдоль оси Б (колонны антресоли библиотеки в уровне первого этажа); по 3–4 этажу в осях 2–6/7, А–Д (актовый зал) – по бескаркасной гибкой конструктивной схеме с опиранием стропильных ферм на простенки наружных стен.

Несущие конструкции рассматриваемого здания: фундаменты стен, а также стены подвала – ленточные, из сборных бетонных блоков под стены и отдельно стоящие под колонны; конструкции каркаса в осях 2–7, В, Г – железобетонные колонны и ригели, в продольном направлении; наружные и внутренние стены – кирпичная кладка толщиной 380 мм из глиняного кирпича с облицовкой снаружи силикатным кирпичом, общая толщина наружной стены – 510 мм; перемычки – сборные железобетонные, на два и одно окно; плиты перекрытия – сборные железобетонные многопустотные опирающиеся на наружные стены и ригели каркаса; стропильные фермы покрытия – металлические трапециевидные, пролетом 14,6 м с высотой на опоре 950 и 1 900 мм в коньковой части; фермы опираются на железобетонные подушки с размерами в плане 400×500 мм, высотой 150 мм и закрепляются к ним анкерными болтами. В осях 2–3 и 5–6 стропильные фермы соединены в плоскости верхнего пояса крестовыми связями, по коньку установлены вертикальные связи, к нижнему поясу крепятся металлические балки подвесного потолка. По металлическим балкам подвесного потолка установлены деревянные брусья с подшивкой доской, по которой выполнена штукатурка по дранке, и потолок из гипсокартона; плиты покрытия – сборные железобетонные типа ПКЖ, а также плоские в осях 7–8; лестничная клетка в осях 6/7–8 из сборных железобетонных элементов.

Осмотр конструкций обрушившейся части здания производился с перекрытий сохранившейся части, покрытия и автомобильного подъемника. Для определения физико-механических характеристик несущих стен были отобраны образцы кирпича и раствора кладки.

В результате первого этапа обследования поврежденного здания было установлено:

1. Произошло обрушение следующих конструкций: кладки наружной стены в осях 4–7, А – от уровня перекрытия антресоли 1-го этажа до карниза и выше верхней лестничной площадки; кладки наружной стены в осях 4–7, Д – от уровня перекрытия 2-го этажа до карниза и в осях 5–7, Д и Д–Г, 5–7; плит перекрытия 1-го (над антресолью библиотеки) и 2-го этажей в осях 4–7, А–В; покрытия (фермы, плиты покрытия) в осях 4–7, А–Д.

2. В результате обрушения в местах падения конструкций покрытия получили значительные повреждения плиты перекрытия второго и первого этажей.

3. Кладка наружных стен имеет следующие дефекты проектирования и изготовления:

- отсутствуют мероприятия по защите от влияния горных выработок (железобетонные пояса, армирование кладки, пилястры для увеличения поперечной жесткости);
- наружный облицовочный слой из силикатного кирпича исключен из работы сечения стены из-за отсутствия связей;

- кладка третьего этажа выполнена по плитам перекрытия и не имеет связи с нижележащей;

- основная кладка стен толщиной 380 мм выполнена в виде слоеного «пирога» из смеси глиняного и силикатного кирпича, некондиционного кирпича (половинки, бой кирпича, кирпич с трещинами), кирпича разных модульных размеров; имеется большое количество не заполненных раствором швов – «пустошовка» (рис. 3); по результатам испытаний раствор кладки имеет колебания прочности на сжатие от 0–0,4 МПа до 1,0–1,5 МПа, отдельные участки более 2,5 МПа;

- отсутствует связь (анкеровка) плит перекрытия с кирпичной кладкой стен;

- центр опирания ферм покрытия смещен к облицовочному слою (эксцентриситет наружу);

- работа кирпичной кладки на смятие не определена в связи с опиранием на кладку из некондиционного кирпича и раствора с различной низкой прочностью;

- отсутствие заделки бетоном пустот плит перекрытия в опорной зоне (уложен кирпич);

- в простенках 1–2-го этажей в осях 5–6, А до обрушения конструкций имелись трещины и локальное обрушение облицовочного слоя кладки; под оконными проемами выполнены ниши для радиаторов отопления, ослабляющие стену;

- из-за неорганизованного водостока вода с карниза ветром переносится на поверхность стены, вызывая замачивание и размораживание кладки;

- в момент обрушения конструкций 29.06.2017 г. была сильная гроза, ливневый дождь, сопровождавшийся шквальным ветром; в результате порывов ветра наружная стена испытывала действие дополнительного момента от ветрового отсоса.

4. Дефекты конструкции покрытия:



Рисунок 3 – Фрагмент кладки стены по оси 7.

– металлические конструкции покрытия (фермы и связи) не объединены в единую жесткую пространственную систему; связи между металлическими фермами не завершены логически: отсутствуют вертикальные связи между фермами вдоль стен по осям А, Д; продольные балки-прогоны по нижним поясам ферм не имеют жесткого неподвижного соединения с узлами ферм; опорные железобетонные подушки под фермами не имеют неподвижного соединения со стенами; отсутствуют сварные соединения закладных деталей плит покрытия с верхними поясами ферм, наблюдается соединение плит между собой проволочными скрутками;

Вторым этапом работы была камеральная обработка полученных на первом этапе при полевых работах данных, поиск и изучение дополнительных данных, их анализ и составление плана дальнейших мероприятий. Так, при изучении архивных данных было выяснено, что площадка расположения здания в 1955–1981 гг. неоднократно подрабатывалась горными выработками шахты им. Калинина. На период проектирования и строительства здания 1967–68 гг. действовали следующие нормы проектирования на подрабатываемых территориях: «СН 289-64. Указания по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях» (М., 1965 г.).

Ниже, в таблице, приведены требования к конструкциям здания и фактическое их выполнение по результатам обследования.

Таблица – Требования к конструкциям здания

№ п/п	Содержание требования по СН 289-64	Фактическое выполнение
1	6.22. Защита зданий с податливой конструктивной схемой при воздействии вертикальных деформаций земной поверхности осуществляется снижением жесткости здания в вертикальном направлении путем введения нежестких междуэтажных поясов кладки, применения широких проемов, специальных шарнирных вставок и связей, допускающих подвижность сопряжений, образование пластических шарниров и т. д. ...	Выполнено
	8.6. Для обеспечения пространственной устойчивости здания в вертикальном направлении необходимо:	
2	а) перекрытия устраивать в виде жестких горизонтальных диафрагм со связями элементов перекрытия между собой и с продольными и поперечными стенами (поясами);	Выполнено только над подвалом.
3	б) принимать свободную длину стен не более 12 м;	Не соблюдается, фактически – 28,9 м
4	в) углы и переломы стен усиливать арматурными сетками в соответствии с указаниями пп. 7.24 и 8.19.	Не выполнено
5	8.3. Длина отсеков зданий, размещаемых на территориях I и II групп, должна приниматься, как правило, не более 30 м, а на площадках III и IV групп – не более 60 м.	Фактическая длина отсека 38,35 м

Для увеличения продольной жесткости наружных стен (для восприятия усилий от подрботки) была проведена частичная закладка проемов 3-го этажа, которая увеличила нагрузку на нижерасположенные участки стены.

По степени потенциальной подтопляемости участок относится к подтопляемым. Форма залегания вод – грунтовый поток, направление потока – поперек фундаментов продольных стен. Изменение свойств грунтового основания в результате подтопления вызывает дополнительные неравномерные осадки фундаментов и дополнительные напряжения в стенах, сопровождающиеся трещинообразованием.

При обстрелах 2015 года произошло попадание снаряда (мины) недалеко от рассматриваемого нами здания (на противоположной стороне бул. Шевченко), в результате чего было повреждено остекление (взрывной волной) и кровля (осколками). Воздействие взрывной волны при наличии внутренних дефектов кладки вызывает нарушение целостности стены и снижение ее прочности и пространственной жесткости.

В ходе анализа полученных при первоначальном обследовании данных по расположению конструкций после падения установлена наиболее вероятная схема обрушения конструкций и причины обрушения. Обрушение началось с простенка второго-третьего этажа по оси 5, имевшего трещины и расслоение кладки и соответствующей ему фермы по оси 5, затем процесс обрушения захватил оси 6 и 4.

По результатам анализа материалов обследования можно заключить:

1. Обрушение конструкций произошло вследствие перегрузки кирпичной кладки простенков, на которые опираются стропильные фермы покрытия, вследствие их недостаточной поперечной жесткости (отсутствие пилястр и дополнительных поперечных стен), а также недостаточной прочности кладки на сжатие и растяжение (из-за наличия многочисленных дефектов) при провоцирующих внешних воздействиях.

2. Основными факторами, обусловившими разрушение конструкций, являются:

– недостатки конструктивной схемы здания, не обеспечивающей поперечную устойчивость и пространственную жесткость здания;

– низкое качество строительных работ при возведении здания;

– физический износ строительных конструкций и материалов;

– сверхнормативные внешние воздействия.

Факторами, дополнительно способствующими разрушению, являются:

– снижение прочности силикатного кирпича при замачивании после повреждения кровли и остекления и от динамических воздействий при ранее имевших место обстрелах; увеличение нагрузок на кровлю при замачивании утеплителя; расположение центра опирания фермы ближе к наружной облицовке стены увеличивает эксцентриситет при ветровом отсосе; многочисленные дефекты, низкое качество выполнения строительных работ (отсутствие анкеровки плит и ферм в стенах, низкая прочность раствора, применение некондиционного кирпича, разнородность кирпичной кладки в одном сечении, наличие остаточных повреждений и деформаций при подрботке и неравномерных осадках при замачивании грунтов); значительная площадь проемов стен.

Для обеспечения безопасной последовательности разборки поврежденных и демонтажа сохранившихся конструкций на основании результатов предварительного обследования были разработаны мероприятия по предотвращению дальнейшего разрушения конструкций и рекомендации по разборке завалов.

В качестве первоочередных мероприятий были рекомендованы:

– перекрыть доступ персонала и посторонних лиц в здание восточного крыла учебного корпуса № 4, оградить зону обрушения; для фиксации в проектном положении стропильной фермы по оси «4» установить металлические страховочные стойки под опорные узлы с опиранием их на неповрежденные плиты перекрытия; плиты перекрытия в местах установки металлических страховочных стоек усилить устройством системы из деревянных распределительных балок и стоек; используя автомобильный подъемник демонтировать зависшие фрагменты парапетных плит, кирпичной кладки, плит перекрытия.

Третьим этапом исследований было проведение повторного осмотра зоны обрушения и разработка технических решений по демонтажу поврежденных конструкций перекрытий, находившихся под завалами и всех конструкций 3-го этажа в осях 1–4, А–Д, так как в результате многочисленных дефектов их следует признать аварийными.

Следует отметить, что здание 4-го корпуса имеет западное крыло аналогичной конструктивной схемы (как обрушившееся восточное) с расположением на третьем этаже спортивного зала с габаритами, аналогичными габаритам актового зала восточного крыла.

В дальнейшем, в ходе третьего этапа исследований, при разработке проекта восстановления 4-го корпуса, во избежание дальнейшего развития разрушения конструкций, силами специализированной организации необходимо: выполнить инженерно-геологические изыскания на площадке здания; инженерно-геодезические изыскания с целью определения геометрического положения строительных конструкций здания; провести исследование качества строительных материалов конструкций всего здания; провести полное обследование технического состояния всех строительных конструкций здания; разработать технические решения и мероприятия по усилению конструкций и восстановлению эксплуатационной пригодности всего здания учебного корпуса № 4 разработать рабочий проект восстановления здания учебного корпуса № 4.

ВЫВОДЫ

1. Использование системного подхода при исследовании технического состояния зданий и сооружений позволит обеспечить их надежность в течение нормативного срока эксплуатации, быстро и правильно определить причины повреждений, предотвратить аварии.

2. Проектировщикам следует выбирать оптимальную конструктивную схему здания, адекватную действующим нагрузкам и воздействиям с учетом возможного изменения (ухудшения) условий эксплуатации. Рекомендуется принимать такие конструктивные решения несущих конструкций, которые исключают их неправильное выполнение на строительной площадке. Для исключения строительного брака необходимо осуществлять авторский надзор за строительством.

3. При технической эксплуатации зданий необходимо производить периодические регулярные обследования несущих конструкций специалистами для своевременного выявления скрытых дефектов и учета влияющих внешних факторов.

4. При перепланировках, сопровождающихся изменением нагрузок, выполнением проемов в несущих стенах или при закладке проемов, необходимо выполнять поверочные расчеты с использованием фактических прочностных свойств конструкций.

5. При обследовании кирпичных зданий с неполным каркасом и бескаркасных зданий необходимо уделять особое внимание состоянию кирпичной кладки, наличию анкерной плит перекрытия к наружным стенам, состоянию опорных узлов несущих конструкций покрытия.

6. Соблюдение этих несложных условий при проектировании, строительстве, эксплуатации рассматриваемого здания позволило бы избежать обрушения конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.1.2-1-95. Положення про розслідування причин аварій (обвалень) будівель, споруд, їх частин та конструктивних елементів [Текст]. – Вводяться вперше; введ. 1995-07-01. – Київ: Держкоммістобудування України, 1995. – 23 с.
2. ДБН В.2.6-162:2010. Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення [Текст]. – Уведено вперше на заміну СНиП II-22-81; чинні від 2011-09-01. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 97 с.
3. СН 289-64. Указания по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях [Текст]. – Москва: Госстрой СССР, 1965. – 212 с.
4. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций по внешним признакам [Текст] / Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений Госстроя СССР. – Москва: ЦНИИпромзданий, 2001. – 129 с.
5. Методические указания по натурным обследованиям промышленных зданий, получивших разрушения в результате внешних воздействий [Текст] / Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений Госстроя СССР. – Москва: ЦНИИпромзданий, 1987. – 144 с.

Получено 03.09.2017

С. В. МАЛІКОВ, П. А. БЕРЕЖНОЇ, В. Л. КУЗНЕЦОВ, О. А. СИНЮГІН
ДОСВІД РОЗСЛІДУВАННЯ ПРИЧИН БУДІВЕЛЬНОЇ АВАРІЇ І РОЗРОБКА
ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗПЕЧНОГО ДЕМОНТАЖУ ПОШКОДЖЕНИХ
КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЛІ НАВЧАЛЬНОГО КОРПУСУ № 4 ДОННУЕТ
ІМ. М. ТУГАН-БАРАНОВСЬКОГО
ТОВ «Донецький ПромбудНДІпроект»

Анотація. У статті наведено досвід системного підходу до обстеження будівельних конструкцій з метою визначення причин обвалення східного крила будівлі навчального корпусу № 4 ДонНУЕТ ім. М. Туган-Барановського, а також надана розробка технології безпечного демонтажу пошкоджених конструкцій.

Ключові слова: будівельна аварія, обвалення, перевантаження, простінок, кроквяні ферми, обстеження, демонтаж.

STANISLAV MALIKOV, PAVEL BEREZHNOY, VADIM KUZNETSOV,
OLEG SINYUGIN
THE EXPERIENCE OF INVESTIGATING THE CAUSES OF THE
CONSTRUCTION ACCIDENT AND THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY
FOR THE SAFE DISMANTLING OF DAMAGED STRUCTURES IN THE
BUILDING OF THE EDUCATIONAL BUILDING № 4 M. TUGAN-BARANOVSKY
DONNUET
LLC «Donetskiy Promstroyniiproekt»

Abstract. The article shows the experience of the system approach to inspection of building structures with the purpose of determining the causes of the collapse of the eastern wing of the building of the educational building № 4 of DonNUET, and also the development of technology for the safe dismantling of damaged structures.

Key words: construction accident, collapse, overload, partition, inspection, dismantling.

Маликов Станислав Владимирович – директор ООО «Донецкий ПромстройНИИпроект». Научные интересы: разработка нормативных документов в строительной отрасли.

Бережной Павел Анатольевич – заведующий отделом НИО-1 ООО «Донецкий ПромстройНИИпроект». Научные интересы: обследование и восстановление конструкций зданий и сооружений в сложных геотехнических условиях. Участие в разработке строительных норм.

Кузнецов Вадим Леонидович – заместитель заведующего отделом НИО-9 ООО «Донецкий ПромстройНИИпроект». Научные интересы: обследование, восстановление и реконструкция строительных объектов.

Синюгин Олег Анатольевич – ведущий инженер ООО «Донецкий ПромстройНИИпроект». Научные интересы: обследование и восстановление конструкций зданий и сооружений в сложных геотехнических условиях. Участие в разработке строительных норм.

Маліков Станіслав Володимирович – директор ТОВ «Донецький ПромбудНДІ-проект». Наукові інтереси: розробка нормативних документів в будівельній галузі.

Бережной Павло Анатолійович – завідувач відділу НДВ-1 ТОВ «Донецький ПромбудНДІпроект». Наукові інтереси: обстеження і відновлення конструкцій будівель і споруд в складних геотехнічних умовах. Участь в розробці будівельних норм.

Кузнецов Вадим Леонідович – заступник завідувача відділу НДВ-9 ТОВ «Донецький ПромбудНДІпроект». Наукові інтереси: обстеження, відновлення та реконструкція будівельних об'єктів.

Сінюгін Олег Анатолійович – провідний інженер ТОВ «Донецький ПромбудНДІпроект». Наукові інтереси: обстеження і відновлення конструкцій будівель і споруд в складних геотехнічних умовах. Участь в розробці будівельних норм.

Malikov Stanislav – Director of limited liability company «Donetsk Promstroyniiproekt». Scientific interests: development of regulatory documents in the construction industry.

Berezhnoy Pavel – head of the Department of NIO-1 LLC «Donetsk Promstroyniiproekt». Scientific interests: survey and restoration of structures of buildings and structures in difficult geotechnical conditions. Participation in the development of building codes.

Kuznetsov Vadim – deputy head of the department NIO-9 «Donetsk Promstroyniiproekt». Scientific interests: survey, restoration and reconstruction of construction sites.

Sinyugin Oleg – leading engineer of LLC «Donetsk Promstroyniiproekt». Scientific interests: survey and restoration of structures of buildings and structures in difficult geotechnical conditions. Participation in the development of building codes.