

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ И ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ЗДАНИЯ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В работе представлены результаты наблюдений за деформациями и повреждениями здания в сложных условиях эксплуатации.

К сложным относят условиям эксплуатации, которые не представляется возможным учесть в процессе проектирования объекта. Такие сложности могут быть обусловлены техногенными и естественными причинами. Из опыта известно, что на застроенных территориях преобладают сложные условия, вызванные деятельностью человека. Несовершенство принятых конструктивных решений зданий и сооружений, не обеспечивают снижение вредных последствий возникновения сложных условий эксплуатации. К ним можно отнести замачивание оснований сантехническими и атмосферными водами, всевозможные некорректные перепланировки внутренних несущих конструкций, надстройки зданий на этаж или два и др. [1].

В угольных бассейнах Украины основные сложности эксплуатации зданий и сооружений связаны с разработкой угольных пластов. В этих районах более 40% зданий и сооружений построены без специальных защитных мероприятий, призванных обеспечивать нормальную эксплуатацию объектов в процессе выемки угля [1, 2]. Поскольку только в 1958 году был принят один из первых нормативных документов, обязывающий учитывать наличие под объектами строительства полезных ископаемых [3].

Несовершенство первых методик прогнозов вредного влияния горных выработок на земную поверхность, а также несовершенство мер защиты построенных объектов обуславливает ряд сложностей при эксплуатации зданий и сооружений, которые связаны с повреждением конструкций. И только к 1981-2004 годам технологии прогнозов были усовершенствованы, что позволило создать более надежные нормативные документы на проектирование и строительство зданий и сооружений для условий угольных бассейнов Украины [4, 5, 6].

В соответствии с этими документами для разработки мер по предупреждению, возникновению новых и предотвращению развития существующих повреждений необходимо однозначное определение причин их возникновения. Наиболее эффективным средством выявления этих причин являются инструментальные наблюдения за перемещением конструкций стен, фундаментов и их оснований. Ниже приводятся результаты подобных наблюдений за Деформациями конструкций учебного корпуса №3 ДонНТУ.

Здание расположено в Ворошиловском районе города Донецка. В его конструкциях сконцентрировано практически весь спектр сложных условий эксплуатации на подрабатываемых территориях, поэтому считаем целесообразным проследить диалектику выявления причин возникновения повреждений его конструкций.

Первоначальное строительство здания осуществлялось в середине тридцатых годов (1938 г). Во время войны здание было частично разрушено и в середине сороковых годов восстановлено. Проектная и исполнительная документация на строительство и восстановление не сохранилась.

В начале шестидесятых годов было выполнено расширение здания. Проект расширения разработан Сталинским филиалом института «Гипроград».

В высоту здание имеет три этажа [7], сложную конфигурацию в плане, подвал под частью здания. Общая площадь по паспорту БТИ равна $25236,2\text{ м}^2$, где 7-ми этажная часть здания имеет $5044,5\text{ м}^2$; северное крыло (часть здания со стороны пр. Ватутина) – 3880 м^2 ; южное крыло (главный вход и Военная кафедра) – $13144,2\text{ м}^2$; центральная часть (главный фасад) – $3167,5\text{ м}^2$.

Здание отнесено к различным классификационным группам:

- категория здания по взрывопожарной и пожарной безопасности - категория В, класс П-П а по ПУЭ;

- по ответственности - здание повышенного уровня ответственности по ГОСТ 27751-88;

- по опасности технологических процессов - безопасное производство;

- по агрессивности - неагрессивная среда.

Конструктивно, старая часть здания выполнена с неполным каркасом - несущими наружными продольными стенами и внутренним каркасом. Фундаменты под наружные стены и колонны каркаса здания выполнены из монолитного железобетона. Колонны и ригели каркаса здания - монолитные железобетонные прямоугольного сечения. Шаг колонн 6 м.

Наружное стеновое ограждение здания - кладка из кирпича на цементно-песчаном растворе. Перегородки - кирпичные. Перекрытия монолитные железобетонные по монолитным железобетонным балкам. Покрытие - чердачного типа из волнистых асбестоцементных листов по деревянным стропилам.

Заполнение оконных проемов - деревянные рамы с двойным остеклением. Двери деревянные. Полы в аудиториях и коридорах деревянные, в санузлах из керамической плитки, в вестибюле - бетонные, мозаичные.

Северное крыло здания конструктивно выполнено неполным каркасом с несущими наружными продольными стенами и внутренним каркасом. Фундаменты под наружные стены здания выполнены из сборных железобетонных подушек по типовой серии ИИ-03-02, под внутренние колонны каркаса - сборные железобетонные башмаки стаканного типа.

Наружное стеновое ограждение здания - кладка из силикатного кирпича марки М75 на цементно-песчаном растворе марки М25. Перегородки из гипсовых и шлакобетонных и древесноволокнистых плит. Колонны и ригели внутреннего каркаса здания - сборные железобетонные прямоугольного сечения. Шаг колонн 6 м.

Перекрытия - сборные, железобетонные круглопустотные плиты по типовой серии ИИ-03-02. Лестничные марши и площадки - сборные, железобетонные.

На основании геологических исследований, выполненных Сталинским филиалом Гипрограда в 1960 году основаниями фундаментов достроенной части здания служат сланцеватые глины с расчетным сопротивлением $2,2\text{ кг/см}^2$ и суглинки с расчетным сопротивлением $2,5\text{ кг/см}^2$.

Эта часть здания выполнялась с учетом будущего воздействия горных выработок. Для восприятия горизонтальных сдвигающих усилий от влияния горных выработок по верху фундаментных подушек в соответствии с ДБН В.1.1-5-2000 [5] предусмотрены монолитные железобетонные пояса, связывающие башмаки внутренних колонн с фундаментами наружных стен. Пространственная жесткость здания обеспечивается совместной работой поперечных и продольных стен и омоноличенных перекрытий, через которые осуществляется передача горизонтальных усилий.

Обследование конструкций здания производилось специализированными организациями ООО «Гарант» и СП «ПАНКОР, ЛТД», а также кафедрой «Геоинформатики и геодезии» [8]. Детальное освидетельствование конструкций позволило получить

сведения о действительном техническом состоянии несущих конструкций здания, определить наличие дефектов и повреждений.

Южная часть здания 3-го учебного корпуса. Натурное освидетельствование подвальной части показало, что балки перекрытия получили повреждения в виде поперечных трещин (рис. 1) раскрытием более 3 мм. Трещины расположены в приопорных участках балок. В 2000 году было выполнено усиление этих балок с зачеканкой трещин и ремонт помещений. После этого под конструкциями усиления дальнейшего раскрытия зачеканенных трещин наблюдать не представлялось возможным.

На первом, втором и третьем этажах балки перекрытия имеют также трещины, раскрытием до 0,5 мм, расположенные в приопорных зонах, аналогично трещинам балок перекрытия подвала.

Установлено наличие вертикальных трещин на поверхностях наружных стен и внутренних перегородок раскрытием 0,3 – 1,5 мм.



Рис. 1. Трещина приопорного участка балки перекрытия в подвале южной части здания

Конструкции главного входа. Освидетельствование выявило наличие вертикальных трещин в углах сопряжений наружных стен раскрытием до 10-15 мм, следы замачивания стен в этих местах. На первом этаже обследовать конструкции не представилось возможным из-за отсутствия доступа под пластиковую обшивку.

Конструкции центральной части. В подвальной части зафиксированы поперечные трещины раскрытием 3-5 мм. В помещении кафедры «Полезных ископаемых и экологической геологии», на втором этаже в приопорных участках балок перекрытий зафиксированы трещины раскрытием более 3мм. Плиты перекрытий также имеют трещины, расположенные параллельно главной балке раскрытием до 3 мм. На третьем этаже также зафиксированы поперечные трещины в балках (рис. 2) и плитах перекрытий раскрытием до 0,3 мм. Во внутренних, наружных стенах имеются трещины раскрытием ~1,0мм.

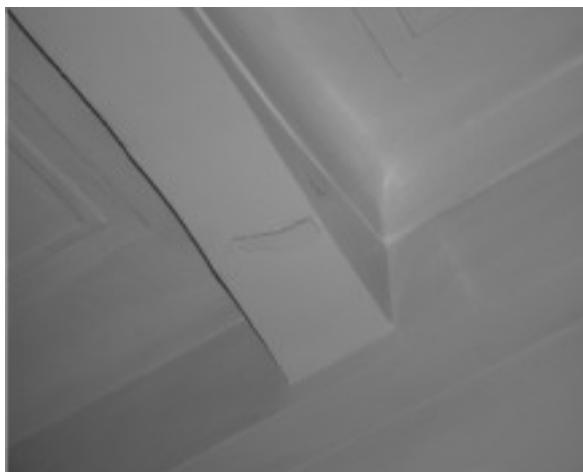


Рис. 2. Трещина приопорного участка балки перекрытия 2-го этажа центральной части здания

Мансарда не была предусмотрена начальным проектом и выполнена как надстройка. В помещениях выполнена обшивка стен и потолков пластиковыми материалами и обследование строительных конструкций этой части здания не представилось возможным.

Осмотр наружной поверхности стен показал наличие разрушений штукатурного слоя и вертикальной трещины, шириной раскрытия 0,5-1,0 мм, а на сопряжении стен трещины с отслаиванием плитки и штукатурки.

Конструкции северного крыла здания. На втором и третьем этажах выявлены трещины в местах сопряжения балок перекрытия с колоннами каркаса и внутренними стенами, а также по швам сопряжения плит перекрытий раскрытием до 0,3 мм. По свидетельству сотрудников в этом месте между наружной северной стеной и лестничной клеткой имелась щель раскрытием до 100 мм. В момент обследования щель была заделана цементным раствором.

Полученные результаты обследования указывают, что состояние конструкций здания не соответствуют нормальным условиям эксплуатации, а поперечные трещины в несущих балках железобетонного каркаса со временем могут привести к аварийной ситуации. В трещины железобетонных конструкций раскрытием более 0,3 мм проникает атмосферные газы, вследствие чего происходит коррозия арматуры. Как показывают исследования [2], в атмосфере Донецка в течение 60-ти лет коррозия арматуры уменьшает сечение арматуры примерно в два раза. При сборе материалов не удалось выяснить момент возникновения подобных трещин. Поэтому выполнить более точный прогноз состояния арматуры поврежденных железобетонных конструкций не представляется возможным.

Упомянутые выше организации, осуществлявшие обследование конструкций зданий, указывают, что вероятной причиной появления повреждений стен и конструкций перекрытий, является неравномерная осадка оснований фундаментов наружных стен и колонн каркаса.

Дополнительными изысканиями установлено, что в перечень возможных причин повреждений конструкций также могут быть внесены факторы, приведенные в таблице 1.

Табл. 1. Ориентировочные причины возникновения повреждений

Места значительных повреждений		
Северное крыло, кафедра геологии, телецентр	Центральная часть, кафедра «Полезных ископаемых и экологической геологии»	Южное крыло, кафедра физики, патентный отдел
	Регулярным замачиванием грунтов основания из-за разрушения атмосферы ¹	
Замачивание стен атмосферными осадками из-за отсутствия водосточных труб ¹		
Протечки из изношенных инженерных коммуникаций ¹		
Влияние горных работ шахты им. М.И. Калинина (1982-83 гг) с неравномерными осадками основания ²		
Наличие в основании шурфа ²		
		Наличие в основании здания геодинамической зоны ³
		Закладкой проемов 1-го и 2-го этажей над поврежденными балками каркаса подвальных помещений ²
	Надстройкой мансарды, вызвавшей перераспределение устойчивой нагрузки на основание ²	

Как следует из таблицы 1, в каждой части здания повреждения могут возникнуть по нескольким причинам. Для однозначного выявления причин повреждений были заложены стенные реперы по фасаду центральной части и линия грунтовых реперов⁴ на расстоянии 7-ми метров вдоль этого фасада⁵ (рис. 3). Кроме того, были проводились наблюдения на сохранившиеся остатки линии грунтовых реперов, заложенных вдоль северного фасада здания по ул. Ватутина. Эта линия реперов была заложена для наблюдений за деформациями земной поверхности при проведении очистных выработок шахты им. М.И. Калинина. Проводились также наблюдения за полом первого этажа северного крыла (рис. 3), а также гравиметрические наблюдения над устьем шурфа.

В дополнение к указанному были осуществлены дополнительные маркшейдерские изыскания возможных повреждений от влияния горных выработок пластов h_7 и h_{10} Смолениновской свиты. Очистная выработка по пласту h_7 была отработана в 1982 году, а h_{10} – 1983. В таблице 2 представлена общая характеристика этих пластов.

Табл. 2. Общая характеристика разрабатываемых пластов

Индекс пласта	Мощность пластов, м	Угол падения, град	Глубина залегания, м
h_7	0,84	10	712
h_{10}	0,70	10	658

¹ Выявлено организациями ООО «Гарант» и СП «ПАНКОР»

² Выявлено кафедрой «Геоинформатики и геодезии»

³ Выявлено кафедрой «Полезных ископаемых и экологической геологии»

⁴ Закладка осуществлялась студентами кафедры «Технологии и техники геологоразведочных работ»

⁵ Линия грунтовых реперов после второго наблюдения была уничтожена при строительстве библиотечного корпуса.

Для оценки прогнозных повреждений конструкций здания от вредного влияния очистных выработок, проведенных в этих пластах, был выполнен расчет ожидаемых деформаций основания здания. В результате расчета ожидаемые деформации основания здания составили:

- оседания – 138 мм;
- горизонтальные деформации – $0,32 \times 10^{-3}$;
- кривизна – $0,022 \times 10^{-4}$ 1/м;
- наклоны – $0,82 \times 10^{-3}$.

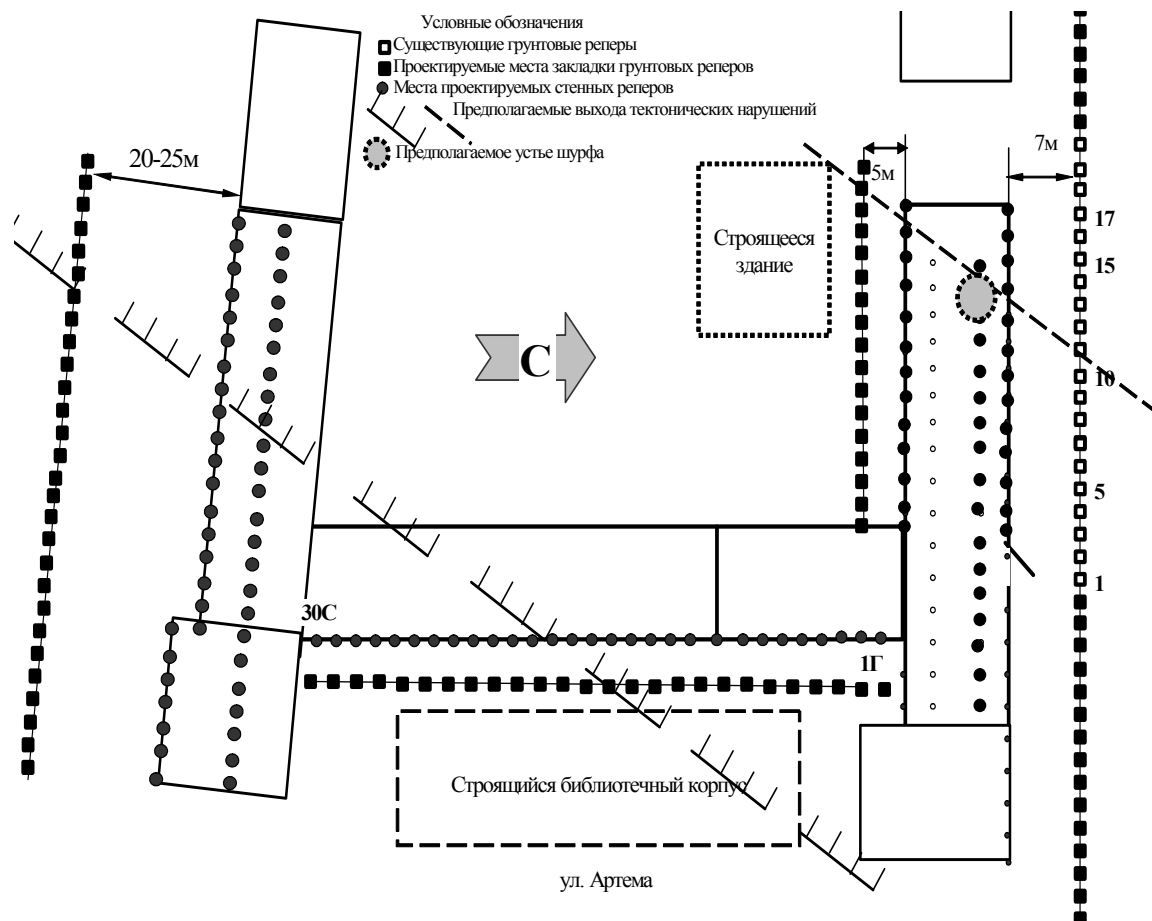


Рис. 3. Схема расположения существующих и проектных реперов вокруг корпуса №3 ДонНТУ

В соответствии с «Правилами охраны...» [4, 6] допустимыми условиями подработки зданий принято считать деформации, которые могут вызвать незначительные повреждения в сооружениях, при которых для дальнейшей эксплуатации их по прямому назначению достаточно проведения текущих наладочных и ремонтных работ.

В соответствии с прогнозом вредное влияние на конструкции здания при отработке пластов h_7 и h_{10} следующее.

Повреждения несущего железобетонного каркаса не ожидается. В кирпичном заполнении каркаса стен возможны вертикальные и косые трещины на сопряжении колон и каменной кладки. Большинство (до 30%) всех трещин раскрытием до 1,0 мм. Возможен отход перегородок от капитальных стен с образованием щелей до 1-2

мм. В перекрытиях, кроме трещин по контуру потолков (до 1,0 мм), возможны волосные трещины в местах стыков плит или щитов перекрытий с осыпанием побелки, а также косые волосные трещины в штукатурке (в 30% от общего количества помещений в здании). Небольшие перекосы окон и дверей (10% от общего количества).

Таким образом, возможные повреждения, вызванные горными выработками шахты им М.И. Калинина, оказались весьма незначительными и являются заведомо допустимыми.

Сравнение прогнозных величин повреждений и установленных при обследовании указывает на то, что горные выработки, если и оказали влияние, то оно было незначительным и не могло вызвать выявленных повреждений, особенно опасных трещин в несущем каркасе.

Частотные наблюдения за осадками земной поверхности по линии грунтовых реперов (табл. 3) показали, что оседания и горизонтальные деформации земной поверхности устойчиво изменяются в пределах точности измерений, что не позволяет сделать вывод о наличии активизации процесса сдвижения над очистными выработками 1982-83 гг, в пластах h_7 и h_{10} .

Табл. 3. Характеристика измерений по линии грунтовых реперов, расположенных по ул. Ватутина

Вид показателя	Оседания, мм			Горизонтальные деформации, мм/м		
	Годы наблюдений					
	2004	2005	2006	2004	2005	2006
Минимальное значение	6,0	4,0	6,0	-3,4	-1,2	-2,7
Максимальное значение	6,0	4,0	6,0	1,3	1,0	0,6
Среднее значение	0,44	-0,57	0,33	-0,3	0,2	-0,7
Среднее отклонение	1,10	1,45	1,78	0,9	0,5	1,1
Стандартное отклонение	1,82	1,95	2,57	1,19	0,68	1,25

Характерной особенностью повреждений земной поверхности над старыми вертикальными вскрывающими выработками (шурфами) является возможное образование над устьем локальной воронки обрушения (рис. 4) или провала.

Такие воронки угрожают безопасной эксплуатации зданий и сооружений, расположенных в непосредственной близости или над устьем вертикальной выработки.

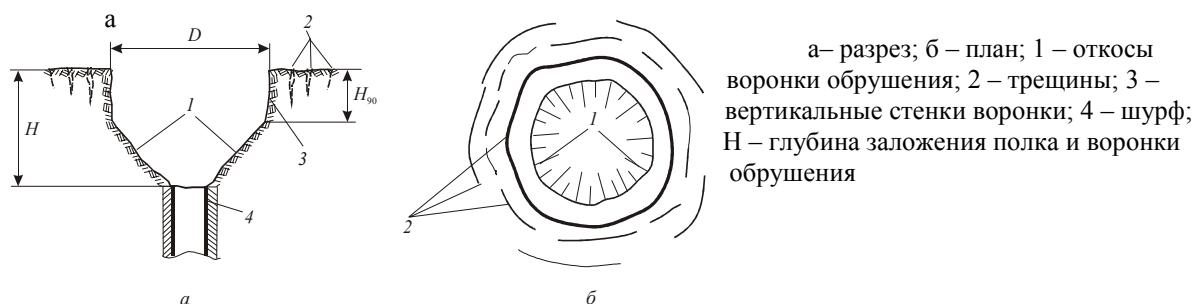


Рис. 4. Схема провалов над вертикальной выработкой

Засыпанные горными породами шурфы также не безопасны для зданий и сооружений, построенных над их устьями. Порода, заполняющая полость шурфа имеет меньшую плотность, нежели окружающие шурф монолитные материнские породы. Со временем под воздействием собственного веса породы, находящиеся в полости шурфа, начинают постепенно уплотняться. Это приводит к оседанию земной поверхности над устьем. Находящиеся над шурфом фундаменты следуют за оседающим основанием и в конструкциях оседающего сооружения возникают повреждения.

Из имеющегося материалов старый шурф под северным крылом здания должен иметь глубину приблизительно 50 м. Способ его ликвидации определить не представляется возможным. Плотность и свойства материалов засыпки полости шурфа или пробки неизвестны. Поэтому не представляется возможным оценить величину уплотнения, то есть осадки этого материала в основании фундаментов северного корпуса, а, следовательно, и их последствия в конструкциях.

По результатам нивелирования в коридоре 1-го этажа северного крыла корпуса построен профиль пола (рис. 5). Из этого профиля следует, что в двух местах имеется нарушение горизонтальности пола.

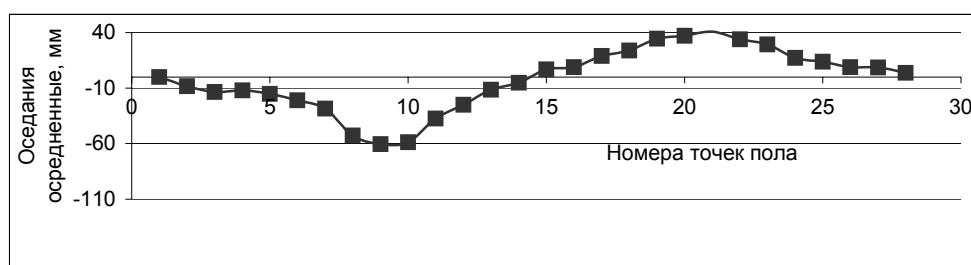


Рис. 5. Профиль пола 1-го этажа северного крыла здания

Первое место находится между точками 4-8. В этом месте расположены санузлы, из сетей которых возможны утечки воды и замачивание основания, что могло привести к локальным просадкам фундаментов.

Второе место начинается от точки 21 и простирается в сторону точки 30, где по предположениям находятся устье старого шурфа и выход под наносы тектонического нарушения. Такое оседание согласуется с отрицательными аномалиями силы тяжести, зафиксированными гравиметрическими наблюдениями (рис. 6). Это подтверждает наличие в основании менее плотного материала засыпки шурфа, что дает дополнительное основание утверждать о наличии устья шурфа именно под коридорной частью здания.

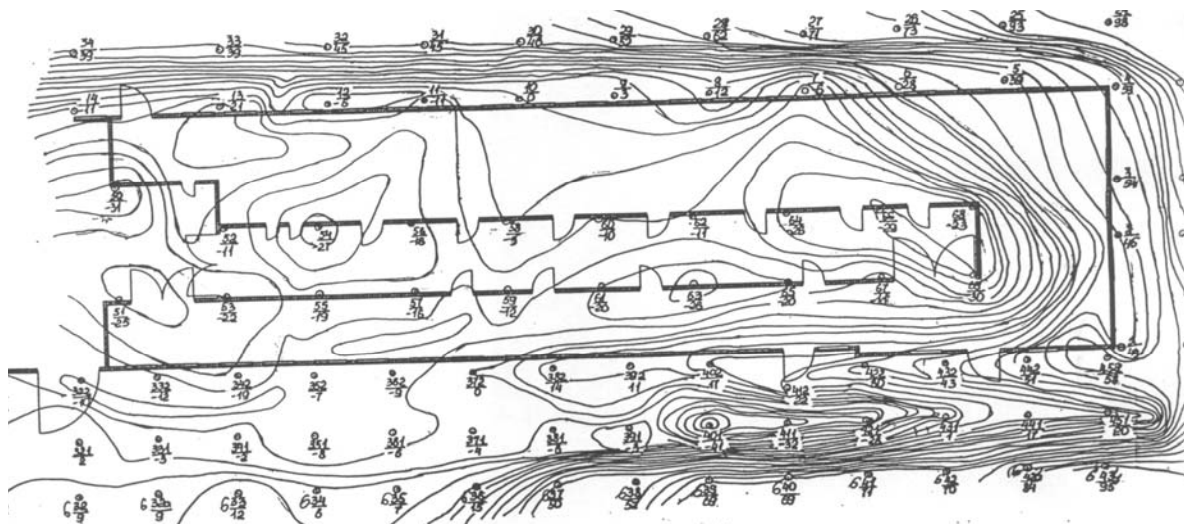


Рис. 6. Изоаномалы вокруг северного крыла здания (через 0,1 мг).

Гравиметрические наблюдения показали также аномалию силы тяжести за стенами здания, вытянутую вдоль его продольной оси здания и улицы Ватутина. Происхождение этой аномалии установить не представилось возможным. Для выявления причин возникновения этой аномалии целесообразно заложить здесь дополнительные реперы.



Рис. 7. Оседания и горизонтальные деформации стен и грунта вдоль фасада по ул. Артема

Регулярное замачивание грунта основания из-за разрушения отмостки или из-за отсутствия водосточных труб, надстройка мансарды не могли привести к подобным оседаниям, так как эти причины могут вызвать оседания по всей длине стены, а не только северной части. Однозначное выявление причин неравномерного оседания

этой части здания возможно после восстановления линии грунтовых реперов и проведения наблюдений по восстановленной линии.

Дальнейшие работы по уточнению причин повреждений конструкций южного крыла корпуса возможны после расширения специальной наблюдательной станции, согласно проекту, предложенному на рисунке 3.

Таким образом, наблюдения за оседаниями и деформациями здания позволили подтвердить наличие в основании северного крыла устья шурфа, а также деформаций связанных с проседанием основания из-за утечек из водопроводных сетей и санузлов. Однозначное выявление причин деформирования конструкций центральной части корпуса, а также южного крыла будет возможно после расширения наблюдательных станций и проведения по ним наблюдений.

Из изложенного выше также следует, что наблюдения за деформациями конструкций являются весьма трудоемкими, сложными и требуют продолжительного времени. Поскольку деформации основания и конструкций нарастают постепенно, и зафиксировать их представляется возможным только после достижения величин превышающих пределы точности. Более того регулярные наблюдения позволяют постепенно выявлять различные условия указывающие на отдельные стороны закономерностей возникновения повреждений, что обязывает наблюдателей совершенствовать конструкцию наблюдательных станций или методики наблюдений.

Библиографический список

1. Защита и подработка зданий и сооружений//**Шагалов С.Е., Муллер Р.А., Кренида Ю.Ф.** и др. –М.: Недра, 1974. 256 стр.
2. Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины: Монография / Под ред. **Ю.Н. Гавриленко, В.Н. Ермакова.** – Донецк, 2004. 632 с.
3. **Временные технические условия** проектирования и строительства зданий и сооружений на угольных площадях Донецкого угольного бассейна (ВТУ-01-58). – Киев: Министерство строительства УССР, 1958. –220 с.
4. **Правила охраны** сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. –М.: Недра, 1981.
5. **ДБН В.1.1-5-2000** Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах. Частина І. Будинки і споруди на підроблюваних територіях. Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України. –Київ, 1999р, 64 стор
6. **Правила підробки** будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом./ Галузевий стандарт України. – Київ. -Мінпаливенерго України.- 2004р. –128 стор.
7. **Технический паспорт** здания учебного корпуса №3 ДПИ // Донецк, 1973г. - С. 14-18.
8. **Заключение** о техническом состоянии несущих и ограждающих конструкций здания 3 учебного корпуса Донецкого национального технического университета // СП «ПАНКОР, ЛТД», Макеевка, 2004, - С. 7-21.
9. Обеспечение нормальной эксплуатации объектов поверхности в пределах горных отводов ликвидируемых шахт. **Семенов А.П., Ермаков В.Н., Озеров И.Ф., Шнеер В.Р.** \ Уголь Украины. – 2000. - №12. - С. 27-30.

© Кренида Ю.Ф., Борисенко В.Н., 2009