

УДК 622.837:622.838

ЗАЩИТА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ДОНЕЦКОГО МЕТАЛЛОПРОКАТНОГО ЗАВОДА ОТ МНОГОКРАТНОГО ВЛИЯНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Шнеер В.Р., Басин М.П., Блинникова Е.В., Рахманова Т.И.
(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Наведено гірничо-геологічні умови відпрацювання пластів m_3 і l_1 шахтою ім. А.Ф. Засядька в зоні впливу на об'єкти Донецького металопрокатного заводу. Дано характеристики двох основних виробничих будівель і результати їх обстеження та заходи захисту. Виконано аналіз результатів інструментальних спостережень за деформаціями земної поверхні і конструкціями. Призначено шляхи вирішення проблеми безпечної експлуатації виробничих будівель і споруд в умовах зрушення земної поверхні.

Ключові слова: деформації земної поверхні, підроблювані будівлі, інструментальні спостереження, заходи захисту.

Mining and geological conditions for extraction of coal seams m_3 and l_1 by A.F. Zasyadko Mine in the zone of influence on the objects of Donetsk Rolling Mill are given. Characteristics of two industrial buildings and results of their structural survey as well as protective measures are described. Analysis of the results of instrumental observations for ground movements and structural deformations has been performed. Ways for solving a problem of safe upkeep of industrial buildings and structures in conditions of ground subsidence movement are specified.

Донецкий металлопрокатный завод расположен на горном отводе шахты им. А.Ф. Засядько, который включает 11 угольных пластов m_8^1 , m_4^1 , m_3 , l_8^1 , l_8 , l_7^1 , l_4 , l_3 , l_2^1 , l_1 , k_8 мощностью 0,61 –

2,03 м, углом падення 12-25° и глубиной залегания 665 – 1380 м. Запасы угля в зоне влияния горных выработок на территорию завода составляют 21,4 млн. тонн, что предопределяет актуальность научно-технического обоснования рациональной выемки угля под заводом.

На территории завода расположено 54 здания и сооружения, из них основными являются прокатный и труболитейный цеха, которые имеют наибольшие размеры и относятся ко второму разряду зданий [1].

Прокатный цех построен в 1957-1960 гг. Одноэтажное каркасное здание с трехсменным производством имеет сложную форму в плане размерами 264 м x 120 м и высоту 12,7 м – 13,1 м, разделено температурными швами на отсеки длиной до 60 м. В здании размещены печной и становой пролеты, участок отделки готового проката и машинный зал.

Железобетонные колонны каркаса опираются на отдельно стоящие железобетонные фундаменты, шаг колонн 6 м. Высота колонн до низа металлических ферм покрытия 10,4 м и до низа металлических подкрановых балок 7,25 м. По фермам уложен металлический профилированный настил. Самонесущие стены выполнены из пустотелых шлакобетонных камней и местами из кирпича. Ширина температурного шва в стенах не превышает 20 мм, а расстояние между гранями смежных колонн у швов составляет 350 мм.

Печной пролет оборудован двухрядной нагревательной печью со вспомогательным оборудованием (цепные транспортеры). Становой пролет оборудован рабочими клетями обжимной линии, шестеренными клетями, редукторами, подъемными столами, рольгангами, тянущими роликами, холодильниками, отбойником и уборочным устройством (рис.1), а машинный зал – электродвигателями мощностью 2000 и 3000 квт. Цех обслуживается мостовыми кранами среднего режима работы грузоподъемностью 3,2 – 20,0 т.

Труболитейный цех построен в 1961 году. Одноэтажное каркасное здание имеет прямоугольную форму в плане размерами 89,4 м x 25,1 м и высотой 6,74 м – 9,05 м. В продольном направлении здание разделено деформационными

швами на три отсека: северный - длиной 26,4 м, средний – 31,3 м и южный – 31,7 м (рис.2).



Рис. 1. Становый пролет прокатного цеха



Рис. 2. Общий вид труболитейного цеха

Железобетонные колонны опираются на отдельно стоящие железобетонные фундаменты, шаг колонн 6 м. Высота колонн в западном пролете до низа металлических ферм покрытия составляет 8,2 м, а до низа металлических подкрановых балок – 5,5 м. Высота колонн в восточном пролете до низа железобетонных балок покрытия составляет 5,6 – 6,05 м. По фермам и балкам уложены железобетонные плиты покрытия. Самонесущие стены выполнены из кирпича толщиной 520 мм. Ширина шва в стенах не превышает 20 мм, а расстояние между гранями смежных колонн у швов составляет 870 мм.

Цех оборудован центробежной машиной, вагранками со скиповыми подъемниками, формовочными машинами, вибрационными решетками, катками приводными и бесприводными, бегунами с элеватором, продольными и поперечными конвейерами, печью для цветного литья и печью для сушки стержней.

Западный пролет цеха обслуживается двумя электрическими мостовыми кранами среднего режима работы грузоподъемностью 5 т и тельфером для перевозки жидкого металла, а восточный – двумя подвесными кран-балками грузоподъемностью 1,5 и 3,0 т.

Металлопрокатный завод впервые был подработан шахтой им. А.Ф. Засядько в 1977-1991 гг. 6 – 11-й западными лавами по пласту m_3 . Глубина горных работ составляла 760 – 1150 м, вынимаемая мощность пласта 1,65 – 2,03 м, угол падения – 16-25°.

Максимальные расчетные деформации земной поверхности были от влияния 7-й западной лавы пласта m_3 и составили: наклоны $5,3 \times 10^{-3}$; кривизна – $0,45 \times 10^{-3} \text{ м}^{-1}$; горизонтальные деформации растяжения $3,5 \times 10^{-3}$, сжатия $3,9 \times 10^{-3}$.

Для обеспечения безопасной эксплуатации прокатного цеха и его крановой эстакады были применены следующие локальные меры защиты:

– выемка запасов угля в зоне влияния на завод должна производиться таким образом, чтобы деформации земной поверхности от одной лавы не должны суммироваться с деформациями, вызванными влиянием ведения горных работ в других лавах. Поэтому разрыв во времени (окончание процесса

сдвигения от выемки угля в предыдущей лаве и началом процесса сдвигения от последующей лавы) должен быть не менее шести месяцев;

- усиление оконных проемов продольных наружных стен металлическими рамами, а простенков между ними металлическими обоями;

- крепление продольных наружных стен к колоннам;

- усиление железобетонных колонн металлическими обоями;

- замена железобетонных плит покрытия на металлический профильный настил, усиление связей между металлическими фермами покрытия;

- периодическая рихтовка подкрановых путей в вертикальной и горизонтальной плоскостях;

- усиление консолей колонн, на которых установлены подкрановые балки, металлическими обоями;

- установка недостающих металлических ферм покрытия, вертикальных и горизонтальных связей между ними на крановой эстакаде прокатного цеха;

- проведение инструментальных наблюдений за деформациями земной поверхности, конструкций зданий и сооружений, а также параметрами подкрановых путей.

Отработка 6-й – 11-й западных лав пласта m_3 показала, что выполненные конструктивные меры защиты обеспечили безопасную эксплуатацию прокатного цеха и всего завода при регулярном проведении инструментальных наблюдений и своевременном выполнении ремонтных работ по выравниванию подкрановых путей и технологического оборудования. Этому также способствовало уменьшение нагрузок на каркас здания за счет замены железобетонных плит покрытия на металлический профильный настил.

Анализ результатов инструментальных наблюдений при отработке 6-й, 7-й и 8-й западных лав пласта m_3 при глубине горных работ 760-980 м показал, что ожидаемые оседания земной поверхности больше измеренных: вдоль печного пролета 1,4 – 1,49 раза; вдоль станового пролета 1,13-1,34 раза.

Анализ инструментальных наблюдений за деформациями фундаментов под технологическое оборудование прокатного и труболитейного цехов позволило обосновать нормативные допустимые показатели для основного и вспомогательного оборудования мелкосортных прокатных станов, а также оборудования труболитейных цехов [1, 2].

Отработка пласта l_1 в зоне влияния на ОАО «Донецкий металлургический завод» начата АП «Шахта им. А.Ф. Засядько» в 2003 г. и ведется по настоящее время (рис. 3). Глубина горных работ 986 – 1300 м, вынимаемая мощность пласта 1,8 – 2,12 м, угол падения пласта 16-21°.

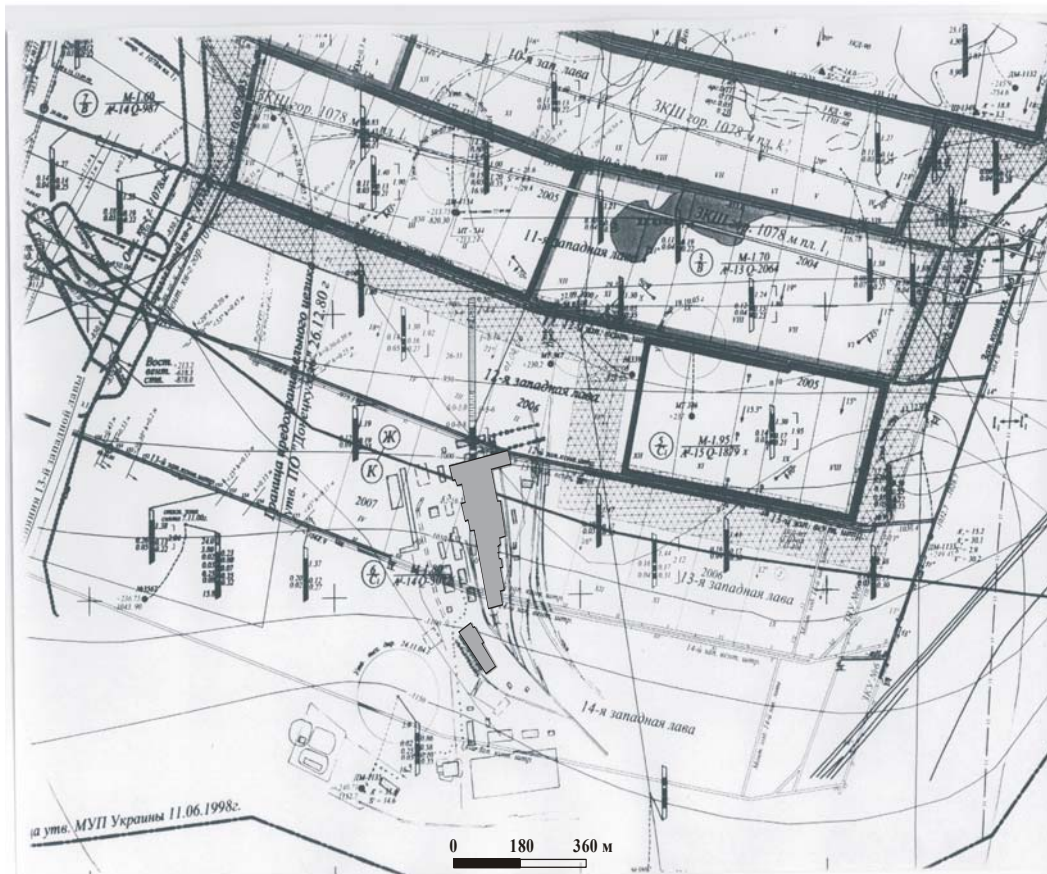


Рис. 3. Фрагмент плана горных выработок по пласту l_1 , совмещенный с планом поверхности

В таблице приведены максимальные расчетные деформации земной поверхности на территории завода при отработке 10-13-й западных лав пласта l_1 .

Таблица 1

Расчетные максимальные деформации земной поверхности на территории ОАО «Донецкий металлургический завод» при отработке пласта l_1

Вид деформаций земной поверхности	Расчетные максимальные деформации			
	10-я западная лава	11-я западная лава	12-я западная лава	13-я западная лава
Наклоны, 1×10^{-3}	0,32	2,46	2,48	2,35
Кривизна, $1 \times 10^{-4} \text{ м}^{-1}$	0,02	0,22	0,20	0,21
Горизонтальные деформации:				
растяжения, 1×10^{-3}	0,25	1,36	1,35	1,66
сжатия, 1×10^{-3}	-	1,79	1,64	0,62

10-я – 12-я западные лавы пласта l_1 отработаны, выемка запасов угля в 13-й западной лаве пласта l_1 начата в марте 2007 г.

Отработка 10-й, 11-й и 12-й западных лав пласта l_1 производилась при скорости подвигания забоя в среднем около 90 м в месяц и средних глубинах разработки 994, 1100 и 1198 м. Поэтому продолжительность процесса сдвижения земной поверхности с учетом 3,5 месяцев прохождения каждой лавы под территорией завода не превысит 17 месяцев. Так как разрыв во времени между началом работ 10-й и 11-й западных лав составлял 12 месяцев, 11-й и 12-й – 14 месяцев, то при отработке 11-й и 12-й западных лав происходило наложение начальной стадии процесса сдвижения на стадию затухания от отработки предыдущих лав.

Необходимость применения мер защиты зданий и сооружений от влияния горных работ 10-й, 11-й и 12-й западных лав определялась согласно [3], а при отработке 13-й западной лавы – согласно [1] и для зданий, у которых локальные повреждения превышают VII степень деформаций, по новой методике, разработанной в рамках научного проекта «Разработка метода определения остаточного деформационного ресурса зданий и сооружений, эксплуатируемых в сложных горно-

геологических условиях, с использованием обобщенных деформационных критериев технического состояния» [4] целевой комплексной программы НАН Украины «Проблемы ресурса и безопасности эксплуатации конструкций, сооружений и машин» («Ресурс»).

При отработке 11-й западной лавы пласта l_1 были отмечены повреждения в следующих зданиях:

– в прокатном цехе в усиленных простенках восточной и западной стен трещины раскрытием 12 мм (рис. 4), деформирование кладки стен;

– в стенах труболитейного цеха образовались трещины раскрытием более 10 мм, в западной стене срез кладки под опорной частью перемычки над оконным проемом, прогиб плит покрытия;

– в ремонтно-механическом цехе недопустимый прогиб балок покрытия;



Рис. 4. Деформирование простенков восточной стены станвого пролета прокатного цеха

– в стенах административнобытовых помещений энергоцеха, механических мастерских и подстанции ТП-10 срез кладки под опорной частью перемычек;

– в компрессорной выход из плоскости участка кирпичной стены;

По результатам обследования были выполнены следующие меры защиты:

– перекладка отдельных деформированных участков стен, прокатного цеха и крепление их к колоннам;

– усиление оконного проема западной стены труболитейного цеха ме-

таллической рамой (рис. 5), усиление 21 плиты покрытия цеха;
– усиление деформированных железобетонных балок покрытия ремонтно-механического цеха путем подведения дополнительных металлических балок;



Рис. 5. Усиление оконного проёма металлической рамой в труболитейном цехе

стены цеха столовых приборов 80 мм и наклон стеновой панели, расположенной над кирпичной кладкой;

– отход кирпичной кладки южной стены подстанции 110 кВ – ЗРУ от стеновых панелей восточной и южной стен, зазор в уровне карниза до 20 мм. Кирпичная кладка не связана ни со стеновыми панелями, ни с колоннами;

– усиление оконных проемов административно-бытовых помещений энергоцеха, механических мастерских и подстанции ТП-10 металлическими рамами, а простенков между оконными проемами – металлическими обоймами;

– крепление кирпичной кладки стены компрессорной к колонне.

При отработке 12-й западной лавы пласта l_1 отмечены повреждения в конструкциях следующих зданий:

– в западной и восточной стенах труболитейного цеха образовались трещины раскрытием до 20 мм, то есть, в соответствии [1] исчерпан деформационный ресурс конструкций;

– выход из плоскости кирпичной кладки восточной

– разрушение карнизной части кирпичной кладки западной стены оперативного пункта управления (ОПУ), а также отход ее от стеновых панелей северной торцевой стены с образованием зазора до 13 мм.

Поэтому было рекомендовано выполнить крепление верхних частей северной стены труболитейного цеха, восточной стены цеха столовых приборов, юго-восточного угла ЗРУ и северо-западного угла ОПУ к колоннам зданий аналогично выполненному в прокатном цехе.

Подработка объектов завода 10-й, 11-й и 12-й западными лавами пласта l_1 осуществлялась под наблюдением АП «Шахта им. А.Ф. Засядько» и УкрНИМИ. Для проведения инструментальных наблюдений была заложена наблюдательная станция, состоящая из грунтовых и стенных реперов. Кроме того, производились замеры параметров подкрановых путей (наклон в продольном и поперечном направлениях, изменение ширины колеи) в прокатном, труболитейном цехах и цехе столовых приборов.

Результаты инструментальных наблюдений, выполненных АП «Шахта им. А. Ф. Засядько», в цехах завода показали, что в период с ноября 2002 г. по декабрь 2005 г. на некоторых участках подкранового пути прокатного цеха наклоны в продольном и поперечном направлениях, а также изменения ширины его колеи превысили допускаемые величины [1]. Поэтому с ноября 2005 г. по январь 2006 г. были выполнены ремонтные работы в прокатном цехе по приведению подкранового пути в проектное положение.

Результаты инструментальных наблюдений за процессом сдвижения земной поверхности на территории завода, выполненные АП «Шахта им. А.Ф. Засядько» на пяти профильных линиях грунтовых реперов (рис. 6), позволили получить первые предварительные результаты сопоставления ожидаемых и измеренных оседаний земной поверхности. Последнее измерение оседаний земной поверхности проводилось 25.09.2006 г. Сопоставление показало, что ожидаемые оседания земной поверхности больше измеренных на первой профильной

линии в 1,22 – 1,92; второй – в 1,01 – 1,27; третьей – в 1,43 – 1,70; четвертой – в 1,16 – 1,83; пятой – в 1,02 – 1,37 раза.

И только измеренные оседания грунтовых реперов № 12-15 пятой линии больше ожидаемых величин, но меньше расчетных.

Окончательные результаты с выводами о соотношениях расчетных и измеренных оседаний могут быть получены после завершения процесса сдвижения земной поверхности на территории завода.

Инструментальные наблюдения по определению смещения крайних колонн здания (отсека) относительно блока жесткости

или середины здания (отсека) были выполнены УкрНИМИ 13.03.2005г. и 22.06.2006г.

Инструментальные наблюдения производились на восьми объектах: печной пролет, участок отделки готового проката, крановая эстакада прокатного цеха, труболитейный цех, открытая крановая эстакада труболитейного цеха, цех столовых приборов, административнобытовой корпус цеха столовых приборов и переходная галерея между ними.

Замеры расстояний между гранями колонн производились ручным лазерным дальномером, а размеры колонн – механической рулеткой.

Согласно инструкции по эксплуатации прибора типовая погрешность изме-

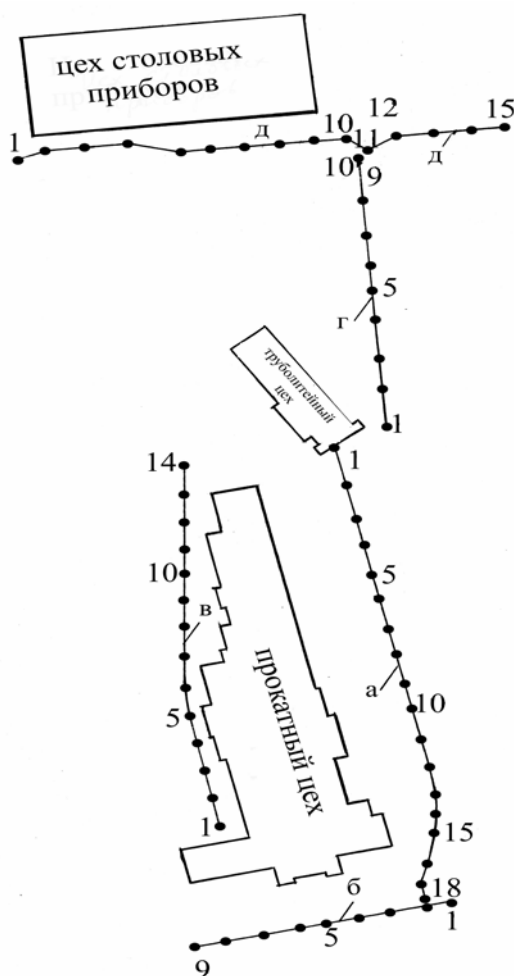


Рис. 6. Схема расположения профилей линий грунтовых реперов: а – первая; б – вторая; в – третья; г – четвертая; д – пятая

рений составляет ± 3 мм, а максимальная – ± 5 мм.

Анализ результатов замера длин показал, что в 29 случаях разница измерений не выходит за пределы типовой погрешности и еще в трех – максимальной погрешности. И только в трех случаях разница замеров превысила значения погрешностей и составила: на открытой крановой эстакаде труболитейного цеха на участке отделки готового проката 7 мм, на крановой эстакаде прокатного цеха 10 мм.

Так как обработка пласта l_1 продолжается, то на основании изложенного можно сделать следующие предварительные выводы:

- подработка предприятий подобных ОАО «Донецкий металлопрокатный завод» в аналогичных горно-геологических условиях должна производиться только под контролем инструментальных наблюдений за сдвигами и деформациями земной поверхности, деформациями конструкций зданий и сооружений, перемещениями фундаментов, на которых расположено оборудование, и за изменением параметров подкранового пути. По результатам инструментальных наблюдений по мере необходимости поэтапно вводить локальные меры защиты;

- в качестве мер защиты рекомендуется: усиление оконных и дверных проемов металлическими рамами, а простенков между ними – металлическими обоями, заделка трещин раствором и перекладка отдельных участков стен, крепление стен к колоннам; усиление деформированных плит и балок покрытия, выравнивание подкрановых путей в вертикальной и горизонтальной плоскостях;

- за период в 15 месяцев при воздействии относительных горизонтальных деформаций по величине, меньшей 2×10^{-3} , практически не было отмечено смещения низа крайних колонн здания (отсека) относительно блока жесткости или середины здания (отсека). При этом в стенах образовались трещины раскрытием 10-20 мм. Поэтому использование допустимого показателя смещения основания фундаментов колонн не гарантирует безопасность эксплуатации одноэтажных каркасных зданий, так как не учитывается взаимосвязь максимального

раскрытия трещин в наружных стенах и расчетного показателя суммарных деформаций;

- ожидаемые оседания 62 грунтовых реперов больше измеренных величин и только для четырех грунтовых реперов пятой линии измеренные оседания больше ожидаемых, но меньше расчетных величин, то есть при отработке 10-й – 12-й западных лав пласта l_1 сдвижения и деформации земной поверхности были меньше ожидаемых величин.

СПИСОК ССЫЛОК

1. ГСТУ 101.00159226.001-2003. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом. – На заміну “Правил охрани...” (М.: Недра, 1981. – 288 с.); Введ. 01.01.2004. – К., 2004. – 128 с.
2. Методические указания по прогнозу допустимых и предельных деформаций земной поверхности при многократной подработке зданий и сооружений. Л.: ВНИМИ, 1991.- 47 с.
3. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. – М.: Недра, 1981. – 288 с.
4. Анциферов А.В., Бліннікова О.В., Шнеєр В.Р. Деформаційний ресурс будівель та споруд, що експлуатуються за складних гірничо-геологічних умов// Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин. Збірник наукових статей за результатами, отриманими в 2004-2006 рр. – К., 2006. – С. 28-32.