



ISSN 1819-432X print / ISSN 1993-3495 online

СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО
СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION

ТОМ 5, N2, 2009, 77-86

УДК 624.131+624.07.044

ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СТАЛЕВИХ КАРКАСІВ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ В УМОВАХ НЕРІВНОМІРНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ОСНОВИ, ЩО ПРОСІДАЄ

Н.Г. Сайгак, К.Ф. Жаданова

*Запорізька державна інженерна академія,
226, пр. Леніна, м. Запоріжжя, Україна 69006
e-mail: NataliaSaigak@gmail.com*

Отримана 12 травня 2009; прийнята 22 травня 2009

Анотація. На прикладі складального корпусу №1 ВАТ «Запоріжтрансформатор» розглянуті проблеми експлуатації та результати обстеження будівельних конструкцій будівель, зведених на ґрунтах із високим ступенем просідання. Корпус запроектовано в середині минулого століття на фундаментах мілко-го закладання, основою яких є значна товща лесових суглинків та супісків, які за сучасною класифікацією належать до ґрунтів II типу за просіданням. Встановлено, що саме нерівномірні осідання основи викликали появу тріщин у стінах, порушення горизонтальності кранових шляхів, появу додаткових зусиль та пошкоджень у кровляних фермах. Аналізуються інші фактори, що впливають на працездатність конструкцій, серед яких немало роль відіграють помилки, яких було припущено при проектуванні будівлі, при виготовленні та під час монтажу конструкцій. Працездатність конструкцій будівлі забезпечується системою спостережень за пошкодженнями, ретельним аналізом напруженого стану, своєчасним підсиленням пошкоджених та перевантажених конструкцій.

Ключові слова: сталевий каркас, технічна експлуатація, просідання, нерівномірні деформації ґрунту, працездатність конструкцій, дефекти та пошкодження, обстеження, підсилення конструкцій.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТАЛЬНЫХ КАРКАСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕРАВНОМЕРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПРОСАДОЧНОГО ОСНОВАНИЯ

Н.Г. Сайгак, К.Ф. Жаданова

*Запорожская государственная инженерная академия
226, пр. Ленина, г. Запорожье, Украина 69006
e-mail: NataliaSaigak@gmail.com*

Получена 12 мая 2009; принята 22 мая 2009

Аннотация. На примере сборного корпуса №1 ОАО «Запорожтрансформатор» рассматриваются проблемы эксплуатации и результаты обследований строительных конструкций зданий, возведенных на ґрунтах с высокой степенью просадочности. Корпус запроектирован в середине прошлого века на фундаментах мелкого заложения, основанием которых служит мощная толща лессовидных суглинков и супесей, относящихся, по современной классификации, к ґрунтам II типа просадочности. Установлено, что именно неравномерные осадки основания стали причиной появления трещин в стенах, нарушения горизонтальности крановых путей, возникновения дополнительных усилий и повреждений в стропильных фермах. Анализируются прочие факторы, влияющие на работоспособность конструкций, среди которых немалую роль играют ошибки, допущенные при проектировании здания, при изготовлении и монтаже конструкций. Работоспособность конструкций здания обеспечивается системой наблюдений за поврежденными, тщательным анализом напряженного состояния, своевременным усилением поврежденных и перегруженных конструкций.

Ключевые слова: стальной каркас, техническая эксплуатация, просадка, неравномерные деформации грунта, работоспособность конструкций, дефекты и повреждения, обследование, усиление конструкций.

OPERATING PECULIARITIES OF INDUSTRIAL BUILDINGS STEEL FRAMES IN CONDITIONS OF UNEQUAL DEFORMATION OF PRECIPITIONAL BASEMENT

N.G. Saigak, K.F. Zhadanova

*Zaporizhzhya State Engineering Academy
226, Lenin av., Zaporizhzhya, Ukraine 69006
e-mail: NataliaSaigak@gmail.com*

Received 12 May 2009; accepted 22 May 2009

Abstract. The operation problems and inspection results of building structures built on the soil with high level of subsidence were examined by example of JSC "Zaporozhtransformator" assembly building №1 are considered. The building was designed in the middle of the last century on the small foundations, which are based on the considerable thickness of loess-like claysy and sand soils related to the II class of subsidence soils. It has been determined exactly unequal base subsidence caused the cracks arising in the walls, disturbance of gantry rails horizontality, additional efforts and damages in the trussing girders. The other factors are analyzed influencing one the structures efficiency among which play the important part, mistakes while building design and structures assembling. The building efficiency is provided with observing system of the damages, thorough stressed state analysis, well timed strengthening of disabled and overloaded constructions.

Keywords: steel frame, technical operation, subsidence soil, unequal deformation, structures efficiency, defects and damages, examination, constructions strengthening.

Сохранение и содержание в рабочем состоянии основных строительных фондов в промышленности относится к числу важнейших народно-хозяйственных проблем [1]. В связи с этим все большее значение приобретают вопросы организации квалифицированной эксплуатации, оценки и прогнозирования изменения во времени технического состояния строительных конструкций под влиянием воздействий силового или техногенного характера [2, 3, 4].

Изменения во времени технического состояния конструкций, их износ и повреждения происходят, как правило, под влиянием множества причин, но тщательный анализ почти всегда позволяет указать на одну основную [5, 6]. Так, многочисленные обследования сборочного корпуса №1 ОАО «Запорожтрансформатор» (ЗТР) свидетельствуют о том, что основной причиной, определяющей техническое состояние стальных конструкций каркаса, являются сложные грунтовые условия, а имен-

но, неравномерные деформации просадочного основания.

За более чем полувековой срок эксплуатации для плановых и внеплановых обследований конструкций каркаса с целью оценки их технического состояния и обеспечения возможности дальнейшей эксплуатации привлекались организации: НИИ-100 (1952 г.), Днепропетровский инженерно-строительный институт (1953 г., 1955-1958 гг.), Институт строительной механики (1954 г.), Институт электросварки (1955 г.), Днепропетровский институт инженеров транспорта (1954-1955 гг.), Укрстальконструкция (1959 г.), ЗФ «Мосгидросталь» (1975 г.), ГИ «Гидропроект» (1976 г.), Ждановский отдел «УкрПСК» (1978 г., 1981 г.), Московский инженерно-строительный институт (1954 г., 1984-1985 гг.), Запорожский Промстройпроект (1995 г.). Вопросом обеспечения долговечности стальных конструкций сборочного корпуса №1 занимались известные

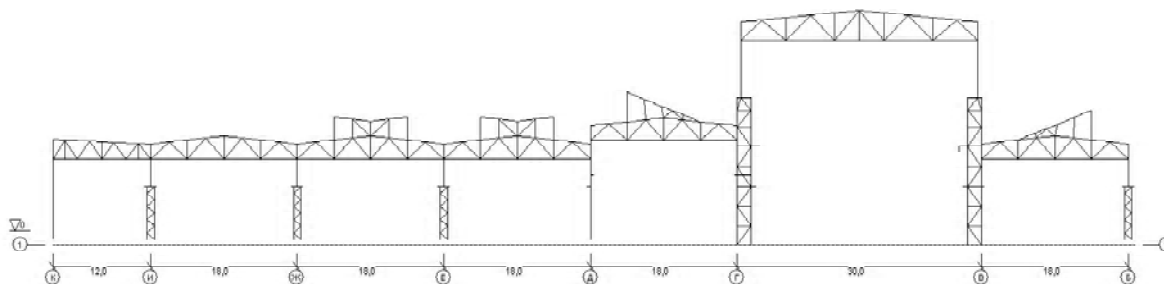


Рис. 1. Конструктивная схема рамы каркаса.

специалисты в области металлоконструкций проф. Н.Д. Жудин (КИСИ), проф. М.М. Сахановский (ДИИТ), проблемой стабилизации просадочных свойств грунтового основания — проф. В.И. Крутов (МИСИ).

Проблемы эксплуатации стальных конструкций сборочного корпуса №1, возведенного на грунтах с высокой степенью просадочности, нашли отражение в многочисленных отчетах, заключениях, рекомендациях. Этот фактический материал представляет интерес как для специалистов, занимающихся вопросами эксплуатации зданий и сооружений, так и для проектировщиков, так как анализ действительной работы конструкции является основой для совершенствования методов их расчета. Многолетняя эксплуатация корпуса в условиях неравномерных деформаций грунта является своеобразным длительным экспериментом, результаты которого, безусловно, должны быть изучены и систематизированы. Это и является целью настоящей статьи.

Запорожский трансформаторный завод был основан в 1947 г., с 1949 г. специализирован на производстве силовых трансформаторов. В настоящее время ОАО «Запорожтрансформатор» (ЗТР) является ведущим предприятием на постсоветском пространстве по производству трансформаторов высокой мощности. На площадке предприятия функционирует 12 зданий производственного назначения, более 40 вспомогательно-складских зданий.

Основной производственный процесс осуществляется в двух сборочных корпусах. Первый из корпусов был возведен в 1948-1956 гг. по чертежам проектного института ПИ-2 как главный производственный корпус предприятия; с появлением второго здания такого же

назначения получил название сборочного корпуса №1.

Сборочный корпус №1 ЗТР представляет собой прямоугольное в плане здание шириной 138 м и длиной 264 м. По ширине здания расположено шесть пролетов по 18 м и один пролет шириной 30 м (рис. 1). По длине здание разделено двумя температурными швами; наибольшая длина температурного блока равна 108 м. Высота малых пролетов — 8,7 м и 10,8 м, большого пролета — 23,85 м. Вдоль оси «4» расположен пролет «4-10», который имеет ширину 36 м и высоту до низа стропильных конструкций 25 м. Корпус оборудован мостовыми кранами; грузоподъемность кранов в малых пролетах от 5 т до 30 т, в большом пролете краны грузоподъемностью 150/30 т и 50/10 т расположены в двух уровнях. До настоящего времени в корпусе используются краны, установленные при его возведении. Стены корпуса кирпичные самонесущие. Покрытие здания осуществляется по мелкогабаритным железобетонным плитам.

Каркас здания — стальной. Колонны каркаса — двухветвевые, выполнены из прокатных двутавров и швеллеров, решетка — из парных уголков. Применены стропильные фермы трапециевидного очертания из парных уголков. Материал ферм — сталь марки Ст3. Подкрановые балки стальные из прокатных и сварных двутавров. Здание возведено на естественном основании, фундаменты под стальные колонны в соответствии с проектом выполнены железобетонными столбчатыми ступенчатого типа с глубиной заложения 2,2 м для колонн малых пролетов и 3,5 м — для колонн большого пролета.

По имеющимся на момент проектирования данным геологическое строение площадки представлено толщей маловлажных лессовидных суглинков и супесей мощностью 18-21 м. Ниже залегают глины и суглинки с толщиной слоя 3,0 м; еще ниже располагаются пески и супеси, подстилаемые массивом кристаллических пород. В отчете института ПИ-2 Гидроэнергопроекта толща слоя просадочных грунтов принята равной 25 м; средневзвешенное значение коэффициента относительной просадочности, по подсчетам проектировщиков, составляет 0,039. При этом давление на грунт в проекте принималось достаточно высоким — 0,25...0,3 МПа. При приведенных данных суммарная просадка только от собственного веса грунта составит 60...78 см, а величина просадки с учетом давления фундаментов может достичь 1 м. Особенно значительны показатели просадки в верхних слоях до глубины 19 м.

По нормам, действующим в 40-50 гг. прошлого века, грунты с просадкой от собственного веса больше 50 см относились к III категории просадочности. Современные нормы [7] такие грунты относят ко второму типу просадочности и строительство на таких грунтах с применением фундаментов мелкого заложения не предусматривают. Следует заметить, что, уже начиная с 60-х годов, крупные промышленные здания на просадочных грунтах возводились на свайных фундаментах.

Фактором, отягчающим условия эксплуатации корпуса, являются грунтовые воды, уровень которых постоянно повышается. Так, при изысканиях 1954 г. уровень подземных вод находился на глубине 26,2...28,7 м; спустя 30 лет, в 1984 г. их уровень был разведан на глубине 15,2 м, а в 1991 г. — на глубине 12,2...13,4 м.

При возведении корпуса были выполнены некоторые мероприятия по водозащите здания, которые предусматривались действующими в то время нормами. Вся система водопровода, канализации, включая ливневую, пропущены в тоннелях; внутренние ливнеотстоки устроены подвесными. Однако в период строительства траншеи для устройства тоннелей подолгу оставались открытыми, что могло существенно повлиять на режим грунтовых вод.

Осуществлены были также конструктивные мероприятия, установленные для грунтовых условий III категории просадочности. В связи с вероятными осадками отдельных колонн предусмотрена возможность их подъема с помощью гидравлических домкратов. С этой целью фундаменты под металлические колонны выполнены с учетом установки башмаков непосредственно на верхний обрез, без подливки цементным раствором. В фундаментах предусмотрены специальные площадки, армированные сетками и предназначенные для установки домкратов под консоли опорной плиты башмака колонны. Для возможности подъема колонн предусмотрены удлиненные анкерные болты. Кроме этого, по высоте цеха предусмотрен запас в габарите над мостовыми кранами в размере 150...200 мм, позволяющий осуществлять рихтовку крановых путей за счет подъема кранового рельса. В процессе эксплуатации эта возможность была использована в полной мере.

Для уменьшения просадок грунта при заложении фундамента дно котлована было подвергнуто поверхностному уплотнению на глубину 20...25 см с увлажнением грунта из расчета 2...3 литра воды на 1 м² площади котлована.

Неэффективность предпринятых водозащитных и противопросадочных мероприятий обнаружилась еще до официальной сдачи корпуса в эксплуатацию. В 1951 г. были обнаружены трещины осадочного характера в самонесущих наружных стенах, выполненных из кирпича; в подкрановых путях появились недопустимые перекосы.

Для выяснения причин появления повреждений в конструкциях сборочного цеха №1 и других объектов, возведенных на той же площадке, были привлечены специалисты проектных институтов ПИ-1 и ПИ-2 (1952 г.), научно-исследовательского института НИИ-100 (1952 г.), ДИСИ (1953 г.). На территории завода работали комиссии Министерства строительства (1953 г.), Министерства электростанций и электронной промышленности (1954 г.).

В 1954 г. институт НИИ-100 выдал заключение «О причинах неравномерных осадок фундаментов отдельных корпусов Запорожского трансформаторного завода», где появле-

ние дефектов и повреждений в конструкциях объясняется вертикальными перемещениями фундаментов вследствие просадочных деформаций грунта при замачивании.

С появлением первых повреждений было организовано наблюдение за осадками по маркам, установленным на наружных стенах; отметки определялись относительно глубинного репера. На стенах были установлены маяки, по которым фиксировалось раскрытие трещин. Наблюдения показали, что наиболее интенсивно развивались трещины в первые годы эксплуатации до 1955 г. На этом этапе из-за интенсивного замачивания грунта из водонесущих коммуникаций происходили просадки со значительной неравномерностью. Можно предположить, что с 1955 г. утечек стало меньше, поэтому возобладали более равномерные и менее интенсивные просадки, обусловленные подъемом грунтовых вод.

Развитие просадок грунта значительно усложняет эксплуатацию здания. Наибольшую опасность для технологического процесса представляют неравномерные вертикальные смещения опор подкрановых балок. При периодическом подъеме балок для выравнивания крановых путей уменьшается расстояние между мостовыми кранами и низом стропильных конструкций. При уменьшении кранового расстояния до минимума рихтовка подъемом будет невозможна и тогда будет необходимо изыскивать другие способы устранения неравномерных просадок.

Вертикальные смещения опор подкрановых балок можно ликвидировать подъемом башмака колонны вместе с опирающимися на нее крановыми конструкциями и элементами покрытия. Такая возможность была предусмотрена еще при проектировании корпуса. Однако опыт подъема башмаков колонн домкратами в сборочном корпусе №2 ЗТР показал, что такие работы очень трудоемки и требуют значительных материальных затрат.

Другое направление в решении этой проблемы связано с укреплением просадочного основания. Для приостановки неравномерных осадок было разработано несколько проектов укрепления просадочного грунта с помощью силикатизации. В 1976-1985 гг. было выполнено химическое укрепление грунтов в осно-

вании сборочного корпуса №1 в осях «31»-«45». Наблюдения показали, что осадки фундаментов на укрепленном основании уменьшились незначительно; разница в осадках фундаментов на укрепленном основании и на основании, где силикатизация не выполнялась, составляет в среднем около 10%. Был сделан вывод о незначительной эффективности принятого мероприятия.

В 1984 г. специалисты Запорожского отделения НИИСК предложили вместо силикатизации выполнить термическое укрепление грунта площадки ЗТР. Однако это предложение не было принято, так как выполнение работ требует больших затрат энергии.

В 1985 г. проблемой эксплуатации сборочного корпуса № 1 занималась группа специалистов Московского инженерно-строительного института во главе с проф. В.И. Крутовым.

При анализе грунтовых условий было установлено, что для площадки ЗТР характерна так называемая замедленная просадка грунта, протекающая в слоях на глубине от 6м до 18м при незначительном повышении влажности грунтов. На открытой территории площадки в пределах этой глубины замедленная просадка составляет 20мм при повышении влажности грунта на отдельных горизонтах всего лишь на 1%-3%. Под сборочным корпусом влажность в нижних слоях повышалась на 2%-3% и соответственно замедленная просадка составила 19...38 мм. Интенсивность развития замедленной просадки, как правило, незначительна и обычно составляет 3...6 мм в год. По мнению профессора, замедленная просадка возможна также в верхних слоях грунта, расположенных выше капиллярной зоны. В.И. Крутовым был также проведен анализ причин неравномерных осадок здания. По его мнению, причиной является срезка и подсыпка слоев грунта при планировке площадки. Там, где производилась подсыпка грунта, просадки больше, чем там, где грунт срезался. Действительно, у колонны по оси «45» ряда «Б», где производилась засыпка, просадка больше, чем у колонны по оси «1» того же ряда, где грунт был срезан на 2,5 м.

При анализе грунтовых условий территории завода в 1988 г. проф. В.И. Крутовым был сделан вывод, что на площадке сборочного корпуса №1 «надежным несущим слоем для

свайных фундаментов и столбов из укрепленного грунта могут быть только грунты, залегающие на глубине 30–35 м от поверхности. Принимаемые часто в г. Запорожье за несущий слой для свайных фундаментов красно-бурые суглинки, на данной площадке, хотя и имеют повышенную плотность ($\gamma=16,8 \text{ кН/м}^3$), но обладают просадочными свойствами с величинами относительной просадочности около 0,016 и потому не могут служить надежным слоем для свайных и других глубоких фундаментов.» Этот вывод подтверждается сопоставлением осадок соседнего здания, построенного на буронабивных сваях незначительной глубины, и обследуемого здания, у которого фундаменты на естественном основании. Осадки свайных фундаментов только незначительно меньше осадок обследуемого здания.

Для стабилизации просадочных процессов в грунте В.И. Крутовым был предложен способ «форсированной осадки фундаментов». Этот способ заключается в пригрузе грунта фундамента бетонными элементами, металлическими слябами и т.п. При этом выполняется дозированное замачивание в верхней части деформируемой зоны. Замачивание производится только в тех случаях, если пригрузка недостаточно для получения требуемых осадок. При необходимости ограничения возможности растекания воды в стороны от замачиваемых объемов грунта, рекомендуется устраивать глубокие прорезы, заполняемые вязким глинистым раствором. Предложенный способ для практической реализации в конкретных условиях требует серьезной доработки.

Неравномерные осадки фундаментов существенно влияют на работу всего каркаса здания, вызывая появление в его элементах дополнительных усилий, которые могут стать причиной повреждения конструкций — появления трещин, потери устойчивости и т.д.

Если трещины в кирпичных наружных стенах не представляют угрозу для несущих конструкций, то появление трещин в стропильных фермах явно характеризовало предаварийную ситуацию. В 1954 г. были обнаружены трещины в накладках на стыке нижнего пояса ферм пролетом 30 м. Выявленные повреждения резко заострили проблему эксплуатации стальных конструкций так как

было известно, что отдельные элементы каркаса были изготовлены из бессемеровской стали. По данным завода-изготовителя — Днепропетровского механического завода — из общей массы стали в 4874,4 т, затраченной на изготовление конструкций корпуса, бессемеровской стали использовано 463 т, хотя действующие в то время технические условия запрещали применение такой стали в сварных конструкциях. По имеющейся документации определить какие именно конструкции каркаса сборочного корпуса изготовлены из бессемеровской стали, не представляется возможным. Поэтому дальнейшая эксплуатация стального каркаса была связана с определенной степенью риска.

В 1954–1955 гг. проблемой надежности стальных конструкций корпуса занимались специалисты из института строительной механики, Московского инженерно-строительного института, института электросварки, Днепропетровского института инженеров транспорта.

Из заключения, составленного специалистами Института строительной механики во главе с проф. Н.Д. Жудиным, следует, что применение бессемеровской стали в конструкциях не особо ответственных, к которым относятся колонны и раскосы ферм, не представляет опасности при условии, что в этих элементах и в сварных соединениях нет перенапряжений и отсутствуют трещины. Рекомендовалось произвести тщательный осмотр всех конструкций, где могла быть применена бессемеровская сталь, и, в случае обнаружения трещин, произвести замену соответствующих элементов. Ввиду наличия просадочных грунтов рекомендовалось тщательное наблюдение за осадками.

Более радикальные меры содержатся в заключении института электросварки. В частности, предлагается выполнить химический анализ стали всех ответственных конструкций каркаса с целью определить, какие из них выполнены из бессемеровской стали; все конструкции из такой стали рекомендовалось заменить или усилить. Высказанные предложения не были реализованы: первое — по причине высокой трудоемкости работ, второе — из-за больших материальных затрат.

Обследование технического состояния металлических конструкций корпуса, выполненное в 1954 г. специалистами МИСИ, выявило многочисленные ошибки, допущенные при изготовлении конструкций. Так, в верхних поясах многих ферм пролетом 18 м действуют большие напряжения из-за неправильной установки неравнобоких уголков — большими полками в вертикальной плоскости. Нижние пояса некоторых ферм пролетом 18 м выполнены из двух уголков 75х6 и 50х6 вместо предусмотренных проектом уголков 65х8 с большей площадью сечения; всего ферм с уменьшенным сечением нижнего пояса насчитано 120. Во многих фермах тех же пролетов третьи от опоры сжатые раскосы выполнены из двух уголков 50х6 вместо предусмотренных проектом уголков 60х6; таким образом сечения уменьшены в 55 раскосах. О низком качестве изготовления конструкций говорит большое число обнаруженных некачественных сварных швов, для которых требуется усиление.

Среди обнаруженных дефектов следует отметить искривления сжатых стержней в плоскости и из плоскости ферм. Таких стержней в фермах пролетом 18 м обнаружено 91, в фермах пролетом 30 м — 8. Указанные дефекты являются наиболее распространенными в эксплуатируемых фермах; причины их появления характеризуются большим разнообразием.

Серьезного внимания заслуживают дефекты в верхних опорных узлах стальных ферм пролетом 18 м. Речь идет о вертикальных трещинах, обнаруженных во фланцевых листах толщиной 20 мм, присоединяющих верхний пояс фермы к стойке. Как известно, в крайних панелях верхнего пояса разрезных шарнирных ферм усилия отсутствуют; появление трещин в креплении свидетельствует о том, что указанные панели растянуты. Причиной этого может быть защемление ферм на опоре и работа их по неразрезной схеме. Работа многопролетного покрытия по неразрезной схеме встречается в практике эксплуатации довольно часто [8, 9].

Наиболее опасными представляются повреждения в виде трещин в нижних поясах ферм, а также в накладках на стыках ферм. Такие трещины были обнаружены в пяти фермах пролетом 18 м; в двух таких же фермах

имеются трещины в узловых фасонках. В отчете представлены результаты химического анализа стали уголков нижнего пояса и накладок: содержание углерода от 0,07 до 0,22%, фосфора — от 0,02 до 0,052%, серы от 0,026 до 0,057%. Повышенное содержание фосфора и серы послужило основанием для предположения, что материалом ферм пролетом 18 м является бессемеровская сталь. В соответствии с действующими нормами [3] такая сталь не пригодна для сварки, так как содержание фосфора и серы в исследуемых пробах превышают предельные значения, равные соответственно 0,05% и 0,055%. Для усиления нижних поясов ферм было рекомендовано использовать полосу 200х14 мм, которую следовало крепить к основному элементу на болтах.

В отчете составленном сотрудниками ДИИ-Та М.М. Сахновским и Н.И. Воронковым, предполагается, что трещины в фермах образовались при их транспортировке или монтаже. Основанием для такого предположения служат результаты расчетов, показывающие, что нижние пояса поврежденных ферм отнюдь не являются перегруженными; напряжения в них при традиционном расчете не превышают 1600 кг/см² — допускаемого напряжения для стали Ст3 при учете основных воздействий. Приводятся результаты испытаний образцов, ориентированных на оценку предела текучести и временного сопротивления $\sigma_T=3030$ кг/см², $\sigma_B=4020$ кг/см². Предлагается срочно усилить все нижние пояса ферм, имеющие трещины, а в дальнейшем усилить все фермы путем подведения нового нижнего пояса, прикрепленного к существующему поясу и надкрановым частям колонн болтами повышенной точности.

Усиление стальных конструкций корпуса было выполнено в 1954-1955 гг. по проекту, разработанному Гидростальпроектотом. Кроме усиления нижних поясов поврежденных ферм, были усилены также элементы, которые оказались перегруженными из-за ошибок при изготовлении. Дополнительно были установлены две нитки связей под фонарем, уменьшающие расчетные длины элементов верхнего пояса.

Судя по содержанию отчетов, большинство специалистов сходились во мнении, что основной причиной появления самых опасных

дефектов — трещин в нижних поясах ферм, является применение хрупкой бессемеровской стали. В пользу такого диагноза говорит выполненный химический анализ стали. Однако высокие физико-механические характеристики, полученные испытанием проб из поврежденных конструкций, а также низкий уровень напряжений в элементах нижнего пояса свидетельствуют о том, что могут быть и другие причины появления указанных повреждений. В частности, такой причиной может быть неравномерное деформирование грунтового основания, так как, по наблюдениям, именно в первые годы эксплуатации этот процесс протекал наиболее интенсивно.

Очередное обследование стальных конструкций корпуса было выполнено в 1957-1958 гг. группой специалистов из Днепропетровского инженерно-строительного института. В отчетах, составленных специалистами института, приводятся результаты обследования стальных ферм, причем дополнительных трещин не обнаружено. Были выявлены дополнительные дефекты в виде выгибов стержней ферм; в подкрановых балках обнаружены перекосы, для устранения которых рекомендовалась рихтовка подкрановых путей.

Каждое из последующих обследований, выполненных в 60-70-х годах прошлого века Киевским и Ждановским отделениями УкрПСК, фиксировали, по сути дела, такие же повреждения. По результатам обследований разрабатывались проекты усиления, включающие в себя следующие мероприятия:

- рихтовка подкрановых конструкций; в отдельных случаях для выравнивания крановых путей рекомендовалась подрезка подкрановых балок на опорах с последующим усилением опорных узлов и стыков балок;
- усиление стержней стропильных ферм, имеющих недопустимые искривления.

В 1985-1988 гг. на площадке завода работали специалисты Московского инженерно-строительного института. Имеется заключение, где обстоятельно обсуждаются причины неравномерных осадок фундаментов, анализируется прогноз их дальнейшего развития, рекомендуются мероприятия по обеспечению дальнейшей нормальной эксплуатации сборочного корпуса №1.

В 90-х годах обследование конструкций корпуса было выполнено Запорожским отделением Приднепровского Промстройпроекта. По результатам обследования были разработаны чертежи усиления ферм, у которых раскосы вышли из их плоскости, узлов подкрановых балок, связей и плит покрытия.

В 2006 г. очередное обследование конструкций сборочного корпуса №1 было выполнено ООО «Настрой» (г.Запорожье). Были выполнены визуальное и инструментальное обследование конструкций, расчеты на действие уточненных нагрузок, включая расчет температурного блока каркаса здания на неравномерные просадочные деформации основания. Состояние некоторых стропильных ферм и подкрановых балок оценено как ограничено работоспособное, разработаны мероприятия по восстановлению несущей способности поврежденных элементов.

Следует отметить, что в заключениях разных лет о техническом состоянии конструкций, практически отсутствуют сведения о повреждениях стальных колонн. Последнее обследование показало, что в элементах колонн имеются незначительные повреждения, вызванные, главным образом, механическим путем.

Анализ всех стадий жизненного цикла конструкций сборочного корпуса №1, включая проектирование, изготовление, эксплуатацию, реконструкцию, позволяет сделать следующие выводы.

Проектирование фундаментов мелкого заложения на просадочных грунтах, относящихся по современным нормам ко II типу, следует рассматривать как нераациональное проектное решение. Неравномерные осадки фундаментов стали причиной предаварийного состояния стальных конструкций корпуса еще до подписания акта о приемке здания в эксплуатацию, датированного концом 1956 г. Основная причина осадок — увеличение влажности просадочных грунтов. Деформации грунтового основания приводят к появлению трещин в стенах, нарушению горизонтальности крановых путей, появлению дополнительных усилий и повреждений в стропильных фермах покрытия. В настоящее время эти процессы также проявляют себя, но происходит это со значительно меньшей скоростью.

При изготовлении стальных конструкций каркаса было допущено значительное число ошибок, грозивших тяжелыми последствиями: применение бессемеровской стали в несущих сварных конструкциях, отступления от проекта с заменой одних сечений стержней ферм на другие, меньшей площади, с неправильной ориентацией неравнобоких уголков в поясах ферм и пр.

Несмотря на множество факторов, отягчающих условия эксплуатации, сборочный корпус №1 более пятидесяти лет практически бесперебойно обеспечивает технологический процесс, соответствующий его назначению. Работоспособность сооружения поддерживалась системой наблюдений за повреждениями конструкций, привлечением значительного интеллектуального потенциала, задействованного для анализа происходящих процессов и разработки мероприятий по обеспечению работоспособности конструкций. Положительную роль при этом сыграло то обстоятельство, что материалом корпуса является сталь. Именно этот материал наилучшим образом обеспечивает надежность и удобство восстановления несущей способности поврежденных конструкций путем усиления.

Вопрос о пригодности конструкций сборочного корпуса №1 к дальнейшей эксплуатации может быть решен на основе расчетов, учитывающих имеющиеся повреждения конструкций, а также деформаций просадочного основания.

Литература

1. О.В. Шимановський, В.М. Гордєєв, М.О. Микитаренко та ін. Аналіз технічного стану та проблем експлуатації будівельних металевих конструкцій в Україні. //Будівництво України. 2003, №3. — С.18-24.
2. Нормативні документи з питань обстеження, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель та споруд. Київ, 1997р.
3. Доповнення до „Нормативних документів з питань обстежень, паспортизації та надійної експлуатації виробничих будівель та споруд”, затверджені наказом Держбуду № 184/140 від 28.07.09.
4. ДБН 362-92. Оценка технического состояния стальных конструкций эксплуатируемых производственных зданий и сооружений. Государственные строительные нормы Украины.— Киев: Укрстройинформ, 1993.—46с.
5. Аугустин Н.,Шледзевский Е. Аварии стальных конструкций. — М.: Стройиздат, 1978. — 175 с.
6. Лашенко М.Н. Аварии металлических конструкций зданий и сооружений. — Ленинград: Издательство литературы по строительству, 1969 — 183 с.
7. ДБН В.1.1.-5-2000. Будинки і споруди на підроблювальних територіях і просідаючих ґрунтах. — Київ. — 2000.—74 с.
8. Жаданова К.Ф., Егоров Ю.П., Савин. В.А. Техническая диагностика стальных конструкций корпусов электролизного производства ЗАЛК.// Металлургия. Сб. научных трудов. Запорожье: ЗГИА, 1999. — Вып. 2. — С.141-144.
9. Єрмак Є.М. Дійсна робота і розрахунки працездатності нерозрізних сталевих конструкцій виробничих будівель. //Будівництво України, 2002.– №6. —С. 14-18.

Жаданова Клавдія Федорівна — кандидат технічних наук, доцент кафедри „Міське будівництво та господарство” Запорізької державної інженерної академії. Наукові інтереси: розрахунки та забезпечення експлуатаційної надійності сталевих конструкцій.

Сайгак Наталя Геннадіївна — аспірант кафедри „Міське будівництво та господарство” Запорізької державної інженерної академії. Наукові інтереси: дослідження дійсної роботи та удосконалення розрахунків сталевих конструкцій у складних ґрунтових умовах.

Жаданова Клавдія Федоровна — кандидат технических наук, доцент кафедры «Городское строительство и хозяйство» Запорожской государственной инженерной академии. Научные интересы: расчет и обеспечение эксплуатационной надежности металлических конструкций.

Сайгак Наталья Геннадиевна — аспирант кафедры «Городское строительство и хозяйство» Запорожской государственной инженерной академии. Научные интересы: исследование действительной работы и усовершенствование расчетов металлических конструкций в сложных грунтовых условиях.

Zhadanova Klavdiya Fedorovna C Sc, the assistant professor of “ the Municipal Building and Economy” chair of Zaporizhzhye State Engineering Academy. The research interests: are calculation and providing efficient reliability of steel constructions.

Saigak Natalia Gennadiivna the postgraduate student “the Municipal Building and Economy” chair at Zaporizhzhye State Engineering Academy. The research interests are investigation of the real work and development of metal constructions calculations in complicated soil conditions.