

Статический расчет фермы произведен по аналогии со стальными фермами. Элементы из центрифугированного трубобетона рассчитывались на центральное сжатие. Сопряжение элементов в узлах выполнено с помощью фасонки, приваренных к нижнему и верхнему поясам фермы.

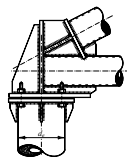


Рис. 5. Опорный узел центрифугированной трубобетонной фермы

На рис. 5 показан один из возможных вариантов решения опорного узла центрифугированной трубобетонной фермы. Использование центрифугированного нижнего пояса дает возможность применить его предварительное напряжение. Предварительно напряженным элементом могут служить арматурные пряди или канаты, размещаемые в полости нижнего пояса. При этом усилие предварительного напряжения подбирается примерно равным расчетному усилию растяжения нижнего пояса. В итоге центрифугированный нижний пояс фермы в эксплуатационном состоянии испытывает минимальные напряжения.

Для трубобетонных элементов с обычными вибрированными ядрами приварку фасонки и различных деталей к трубе можно также осуществлять и до заполнения трубы-оболочки бетоном. Для центрифугированного трубобетона эти работы выполняются после бетонирования.

Так как в процессе центрифугирования труба-оболочка трубобетонного элемента играет роль формы, а приваренные к ней детали мешают процессу центрифугирования, то сварочные работы могут производиться только после заполнения трубы центрифугированным бетоном.

Выводы. Обобщая изложенное выше можно сказать, что использование центрифугированных трубобетонных элементов в строительных конструкциях не сложнее аналогичных традиционных узлов и стыков железобетонных и металлических конструкций, также вполне рационально использование данного типа конструкций как в гражданском так и в промышленном строительстве.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Л.И.Стороженко, В.Ф.Пенц, С.Г.Коршун Трубобетонні конструкції промислових будівель. : Монографія. - Полтава: ПолтНТУ, 2008. -202 с.
2. Стороженко Л.И., Ефименко В.И., Пенц В.Ф. Строительные конструкции из стальных труб, заполненных центрифугированным бетоном. – К.: “Четверта хвиля”, 2001. – 144 с.
3. Стороженко Л.И., Ефименко В.И., Плахотный П.И. Изгибаемые трубобетонные конструкции. – К.: Будівельник, 1994. – 104 с.

УДК 624.014:69.059.4

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НА РАБОТУ СТАЛЬНЫХ ФЕРМ ПОКРЫТИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

к.т.н Жаданова К.Ф., инж. Сайгак Н.Г.,

Запорожская государственная инженерная академия

За последние годы наблюдается увеличение числа аварий и разрушений строительных конструкций объектов различного назначения. Эта тенденция характерна для большинства регионов Украины. По статистике от общего числа аварий 19% случаев произошло в период строительства, 77% — в период эксплуатации и 4% — при проведении ремонтных работ [1]. По более ранним данным анализа, выполненного ЦНИИПромзданий [2], 32% от общего числа составляют аварии одноэтажных зданий со стальным каркасом. Частота таких аварий примерно в 10 раз превышает эту величину для зданий с железобетонным каркасом. Наименее надежными элементами стального каркаса являются стропильные и подстропильные фермы: на них приходится 57% аварий стальных конструкций. Обеспечению безаварийной эксплуатации зданий и сооружений служат своевременные обследования технического состояния конструкций, и проводимая в настоящее время паспортизация объектов застройки.

Вопросы оценки технического состояния конструкций решаются на основе натурных обследований с выявлением дефектов и повреждений. Для анализа действительной работы конструкций выполняют проверочные расчеты.

Опыт эксплуатации довольно часто указывает на то, что основной причиной неработоспособного состояния строительных конструкций являются температурные деформации, возникающие вследствие естественных перепадов температур.

Из статистики сооружений известно, что в стальных фермах, представляющих собой статически определимые системы, никаких дополнительных усилий от перепада температур не возникает, так как температурные деформации будут гаситься шарнирными опорами, одна из которых подвижная.

Расчетные схемы ферм покрытий, основанные на представлении их разрезными свободнолежащими на шарнирных опорах, 30-40 лет назад были преобладающими. Такие схемы позволяют легко получить максимальные усилия в элементах ферм, что, на первый взгляд, является гарантией их надежности. Однако фактический материал, полученный в результате обследования технического состояния элементов покрытий эксплуатируемых зданий [3, 4] показывает, что стропильные и подстропильные фермы во многих случаях работают как конструкции, имеющие шарнирно неподвижные опоры. Так, в работе [3] показано, что более 60% (34 из 50) стропильных ферм покрытия корпуса №3 электролизного производства Запорожского алюминиевого комбината (ЗАЛК) имеют дефекты по всей длине нижних поясов в виде схождения уголков, образующих сечение, изгибов в плоскости ферм (вверх) или выгиба из их плоскости. Такие дефекты однозначно

свидетельствую о том, что нижний пояс сжат. Сжатыми панели нижнего пояса могут быть только в том случае, если ферма имеет шарнирно-неподвижные опоры. Тогда вследствие стеснения деформаций, возникающих при повышении температуры, нижний пояс окажется сжатым.

Зачемление опор делает ферму статически неопределимой системой: максимальные усилия в элементах фермы снизятся, но при этом некоторые элементы ранее растянутые могут оказаться сжатыми и потерять устойчивость. Кроме того, в фермах с зашкеленными опорами, вероятно появление дополнительных усилий, обусловленных температурными воздействиями. Эти усилия могут существенно повлиять на напряженно-деформированное состояние ферм.

Настоящая статья посвящена исследованию влияния температурных деформаций на работу стальных ферм покрытий промышленных зданий.

Для определения роли температурных деформаций были выполнены расчеты стропильных ферм покрытий электролизного производства ЗАЛК.

Здание электролизного производства представляет собой блок из восьми корпусов, объединенных соединительным коридором в общую композиционную систему. Цех возведен в годы первых пятилеток по чертежам ВАМИ. Первоначальным проектом в шести первых корпусах были заложены монолитные железобетонные конструкции (колонны, цилиндрические своды-оболочки, подкрановые балки, стойки фахверка).

Во время Великой Отечественной Войны часть покрытий корпусов была разрушена. В 1948...1949гг по проекту института «Гипроалюминий» было произведено их восстановление. Вместо разрушенных железобетонных сводов выполнили покрытие с применением стальных стропильных и подстропильных ферм и легкой кровли из волнистых асбестоцементных листов, которые в 1951г были заменены волнистыми стальными листами.

Корпуса электролизного производства запроектированы двухпролетными (2x16,55м) длиной 166м. Шаг монолитных железобетонных колонн составляет 11,0м, шаг стропильных ферм — 5,5м. Промежуточные стропильные фермы по среднему ряду опираются на подстропильные фермы, по крайним рядам — на подстропильные балки, выполненные из прокатного двуглава №55а (рис. 1). Здание оборудовано мостовыми кранами, грузоподъемностью 5т.

Техническое состояние стальных конструкций покрытий корпуса №3 электролизного производства ЗАЛК исследовали специалисты института «Укрпроектстальконструкция» (в 1965-1967гг и 1981г) и сотрудники кафедры строительных конструкций ЗГИА (1992г и 2003г).

Анализ результатов обследования несущих конструкций покрытий корпуса приводит к выводу о неадекватности расчетных схем, положенных в основу проектирования стропильных и подстропильных ферм, их действительной работе.

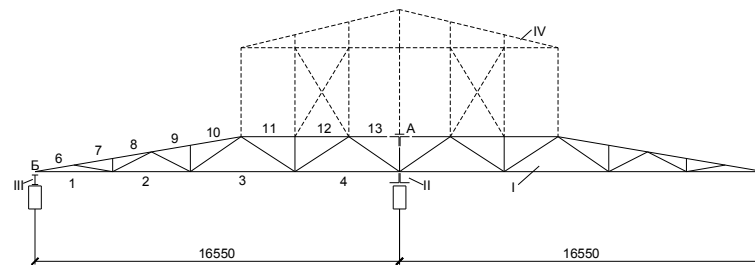


Рис. 1. Схема покрытия корпусов электролизного производства ЗАЛК:

I — стропильные фермы; II — подстропильная ферма;
III — подстропильные балки; IV — фонарь.

Естественно предположить, что при проектировании ферм использовались расчетные схемы в виде разрезных свободных конструкций. Наряду с простотой, достоинством таких расчетных схем является получение максимально возможных усилий в сжатом верхнем и растянутом нижнем поясах фермы. В пользу того, что использовались именно такие расчетные схемы, свидетельствуют запроектированные сечения стержней ферм, а также порядок расположения соединительных прокладок в элементах.

Однако, первые же плановые обследования ферм в 1965г, указали на наличие сжатых стержней в нижних поясах стропильных ферм. В первую очередь это относится к крайним панелям 4-5 нижнего пояса (рис. 1), которые получили значительные искривления в плоскости наибольшей гибкости — из плоскости фермы. Специалистами института УкрПСК был сделан вывод том, в чертежах разработанных в 1949г. принято неудачное конструктивное решение крепления средней стойки фонаря при помощи накладок частично зашкеленных стропильных и подстропильных фермы по среднему ряду (узел А, рис. 1). В результате этого крайние панели нижнего пояса, запроектированные как растянутые, оказались сжатыми, а крайние панели верхнего пояса — растянутыми, о чем свидетельствует срез болтов, крепящих верхние пояса ферм. Расчетами стропильных и подстропильных ферм по неразрезной схеме были определены усилия в стержнях и выполнено усиление элементов, несущая способность которых, в связи с изменением расчетной схемы, оказалась недостаточной.

Очередное обследование конструкций покрытий, выполненное сотрудниками ЗГИА в 2003г вновь выявило значительное число дефектов в стержнях нижних поясов стропильных и подстропильных ферм однозначно указывающих на то, что эти стержни являются сжатыми. Имеются также выгибы в системе связей, расположенных по нижним поясам ферм. Так как обнаруженные выгибы превышают 15мм, то в соответствии с нормами [5], эти

дефекты следует отнести к категории А и вопрос оценки технической надежности решать на основе проверочных расчетов.

Характер выявленных дефектов определил выбор статической схемы фермы. Было предположено, что нижний пояс может быть сжатым только в случае, когда опоры Б и В являются шарнирно-неподвижными. Натурные обследования опорных узлов подтверждают это предположение. Выполненное с применением болтов и сварки, сопряжение фермы с подстропильной балкой у крайних колонн делает практически невозможными какие-либо горизонтальные перемещения узлов ферм вдоль оси нижнего пояса. Видимо эта ошибка конструирования была заложена в первоначальном проекте или возникла при монтаже конструкций.

Для определения усилий в стержнях стропильных ферм была принята расчетная схема в виде плоской рамы, в которой стропильные фермы покрытия (рис. 1) опираются на железобетонные ступенчатые колонны жестко соединенные с фундаментами. Железобетонные монолитные колонны довоенного исполнения имеют сечение $b \times h$ в подкрановой части 500x700мм, в верхней части — 500x600мм.

Расчет с применением ВК ЛИРА выполнялся на все нагрузки, характерные для каркаса кранового здания. В расчетной схеме элементы фермы моделировались шарнирными стержнями реальной жесткости, колонны — рамными.

В табл. 1 представлены усилия в стержнях ферм от вертикальных нагрузок на покрытие — постоянной и снеговой, а также от температурного перепада $\Delta=20^\circ\text{C}$, определяемого разницей минимальной зимней температуры в неотапливаемом помещении ($+10^\circ\text{C}$) и максимальной летней ($+30^\circ\text{C}$). Расчет показал, что ветровые и крановые нагрузки на раму существенного влияния на напряженно-деформированное состояние ферм не оказывают.

При расчетах рассматривали два сочетания нагрузок:

- I сочетание, включающее в себя усилия от постоянной нагрузки и максимальное усилие от снеговой нагрузки;
- II сочетание включает в себя усилия от постоянной нагрузки и от температурного перепада.

Результаты расчетов свидетельствуют о том, что при втором сочетании во всех элементах нижнего пояса фермы действуют сжимающие усилия, которые, вероятно, и являются причиной обнаруженных при обследовании дефектов.

Отметим, что исследуемое явление характерно для многопролетных покрытий с легкой кровлей в неотапливаемых зданиях, когда усилия от температурного перепада превосходят усилия от постоянной нагрузки. В покрытиях с применением железобетонных плит такое явление маловероятно из-за значительной постоянной нагрузки.

На основании выполненных расчетов можно сделать вывод о том, что при указанных выше условиях температурные деформации и усилия могут существенно повлиять на напряженно-деформированное состояние ферм многопролетных покрытий и даже стать причиной их аварийного состояния.

Таблица 1

Усилия и их сочетания в стержнях стропильных ферм

Элемент	Номер элемента	Усилия, кН, от нагрузки:				Сочетание 1, кН	Сочетание 2, кН
		Постоянной	снеговой вариант 1	снеговой вариант 2	$t=20\text{C}$		
Нижний пояс	1	46,233	101,062	120,684	-58,369	166,917	-12,136
	2	23,669	48,669	74,407	-58,366	98,076	-34,697
	3	1,102	-3,743	-6,871	-58,365	-5,769	-57,263
	4	-36,318	-80,283	-110,757	-41,394	-147,075	-77,712
Верхний пояс	5	-47,899	-106,096	-126,848	-39,566	-174,747	-87,465
	6	-36,283	-79,126	-103,007	-39,586	-139,29	-75,869
	7	-36,287	-79,136	-103,019	-39,59	-139,306	-75,877
	8	-13,002	-25,059	-40,231	-39,577	-53,233	-52,579
	9	-13,003	-25,062	-40,236	-39,582	-53,239	-52,585
	10	14,091	35,668	56,474	-46,863	70,565	-32,772
	11	14,091	35,668	56,474	-46,863	70,565	-32,772
	12	64,693	130,248	160,361	-63,834	225,054	0,859
Раскосы	17	-11,597	-26,925	-23,799	0,022	-35,396	-11,575
	18	14,109	32,762	28,917	0,023	43,026	14,132
	19	-14,083	-32,711	-47,101	0,013	-61,184	-14,07
	20	18,067	41,962	69,717	0,015	87,784	18,082
	21	-23,333	-51,103	-78,626	12,845	-101,959	-10,488
	22	33,31	64,757	78,626	-12,845	111,936	20,465
Стойки	23	-43,287	-78,411	-78,626	12,845	-121,913	-30,442
	13	-7,49	-5,12	0	0	-7,49	-7,49
	14	-5,678	-13,208	-11,649	-0,019	-17,327	-5,697
	15	-5,676	-13,181	-26,239	-0,019	-31,915	-5,695
	16	-7,49	-10,249	0	0	-7,49	-7,49

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Шимановський О.В., Гордєєв В.М., Микитаренко М.О. та ін. Аналіз технічного стану та проблем експлуатації будівельних металевих конструкцій в Україні. //Будівництво України, 2001, №3. — С. 18 – 24.

2. Добромислов А.Н. Анализ аварий промышленных зданий и инженерных сооружений. //Промышленное и гражданское строительство. 1990, №9. — С. 9-10.
3. Жаданова К.Ф., Егоров Ю.П., Савин В.А., Радецкий А.В., Умрихина Е.В. Компьютерный анализ работы стальных конструкций корпусов электролизного производства ЗалК.// Металлургия (труды ЗГИА). — Запорожье: ЗГИА, 2005. вып. 12. — С. 133-138.
4. Єрмак Є.М. Дійсна робота і розрахунки працездатності нерозрізних сталевих конструкцій виробничих будівель.// Будівництво України. 2002, №6. — С.14-18.
5. ДБН 362-92. Оценка технического состояния стальных конструкций эксплуатируемых производственных зданий и сооружений. Государственные строительные нормы Украины. — Киев: Укрстройинформ, 1993. — 46 с.

УДК 628.334

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАРУБЕЖНОГО ОТОПИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В УКРАИНЕ

д.т.н, проф., Зайцев О.Н.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Отличительной особенностью современных систем отопления является наличие регулирующего оборудования. Поскольку до 1995 года в Украине использовались системы отопления с постоянными гидравлическими характеристиками, регулирование количества тепла подаваемого системой отопления выполнялось изменением температуры теплоносителя. При этом работа районных котельных и ТЭЦ также осуществлялась по температурному графику, в зависимости от наружной температуры. Но в связи с изменением №2 [2] к СНиП 2.04.05-91 [1] все нагревательные приборы должны быть оборудованы терморегуляторами. Кроме энергосберегающего эффекта это требование вызвало конфликт между системами отопления, которые перешли в разряд гидравлических изменяемых систем (то есть с количественным регулированием) и тепловыми сетями, с постоянным гидравлическим режимом [5].

Требования изменений СНиП 2.04.05-91 [1] о поквартирном учете и регулировании расхода тепла, газа, холодного и горячего водоснабжения, обуславливают рассмотрение в качестве первичного элемента системы квартиру в целом, а не отдельный отопительный или санитарный прибор.

Системы водяного отопления с поквартирной разводкой следует рассматривать в качестве приоритетных без ограничений по архитектурно-конструктивным особенностям дома и климатическим условиям района застройки [4].

Расчетная температура теплоносителя в подающем трубопроводе системы отопления принимается не выше 95 °С, на выходе из системы

отопления, как правило, не ниже 60 °С - для систем с естественной циркуляцией и не выше 80 °С - с механическим побуждением.

В качестве отопительных приборов рекомендуется использовать радиаторы или конвекторы различных конструкций, имеющих сертификат соответствия. На подводке к отопительному прибору следует предусматривать установку термостата или ручного регулировочного крана. Установка у отопительных приборов систем отопления с механическим побуждением в качестве регулирующей арматуры автоматических терморегуляторов (термостатов) является предпочтительной и решается в техническом задании заказчика.

В связи с этим, необходимым и актуальным является решение задачи исследования и анализа взаимодействия этих двух элементов (нагревательного прибора и терморегулятора) с точки зрения их эффективной работы и исключения ошибок при проектировании систем водяного отопления.

По величине тепловой инерции нагревательные приборы подразделяют на приборы малой тепловой инерции, имеющие малый вес и водоёмкость на единицу площади изготовленные из материалов с высоким коэффициентом теплопроводности (конвекторы, металлические и биметаллические штампованные радиаторы) и большой тепловой инерции соответственно с большой массой материала и водоёмкостью на единицу площади и низким коэффициентом теплопроводности материала из которого изготовлены (чугунные радиаторы, чугунные ребристые трубы, отопительные панели «теплый пол» и т.д.).

Терморегуляторы, как элемент системы отопления изменяют количество теплоносителя, поступающего в нагревательный прибор, в зависимости от изменения температуры воздуха в помещении. То есть, нагревательные приборы малой инерционности быстрее нагреваются и остывают при изменении расхода теплоносителя проходящего через них. При эксплуатации систем отопления с терморегуляторами использование таких отопительных приборов является более эффективным, чем использование приборов с большой инерционностью.

Однако, нагревательные приборы большой инерционности, как правило, дешевле и более долговечны, что определяет их распространение. Кроме того, в настоящее время все большее распространение получают так называемые периодические системы отопления – основанные на аккумуляции тепла нагревательными приборами (например, при использовании нагревательных элементов в ограждающих конструкциях).

В связи с этим возникает вопрос о сопоставлении времени полного закрытия терморегулятором подачи теплоносителя в нагревательный прибор и временем остывания самого нагревательного прибора.

Данные о времени полного закрытия терморегулятора приняты в соответствии с требованиями нормативных документов до 40 мин. (EN – 215) [5], что согласовывается с данными, приведенными в каталогах ведущих фирм–производителей терморегуляторов. Время остывания нагревательного прибора определялось по темпу остывания нагревательного прибора, достаточно обоснованные данные о котором приведены в [6].