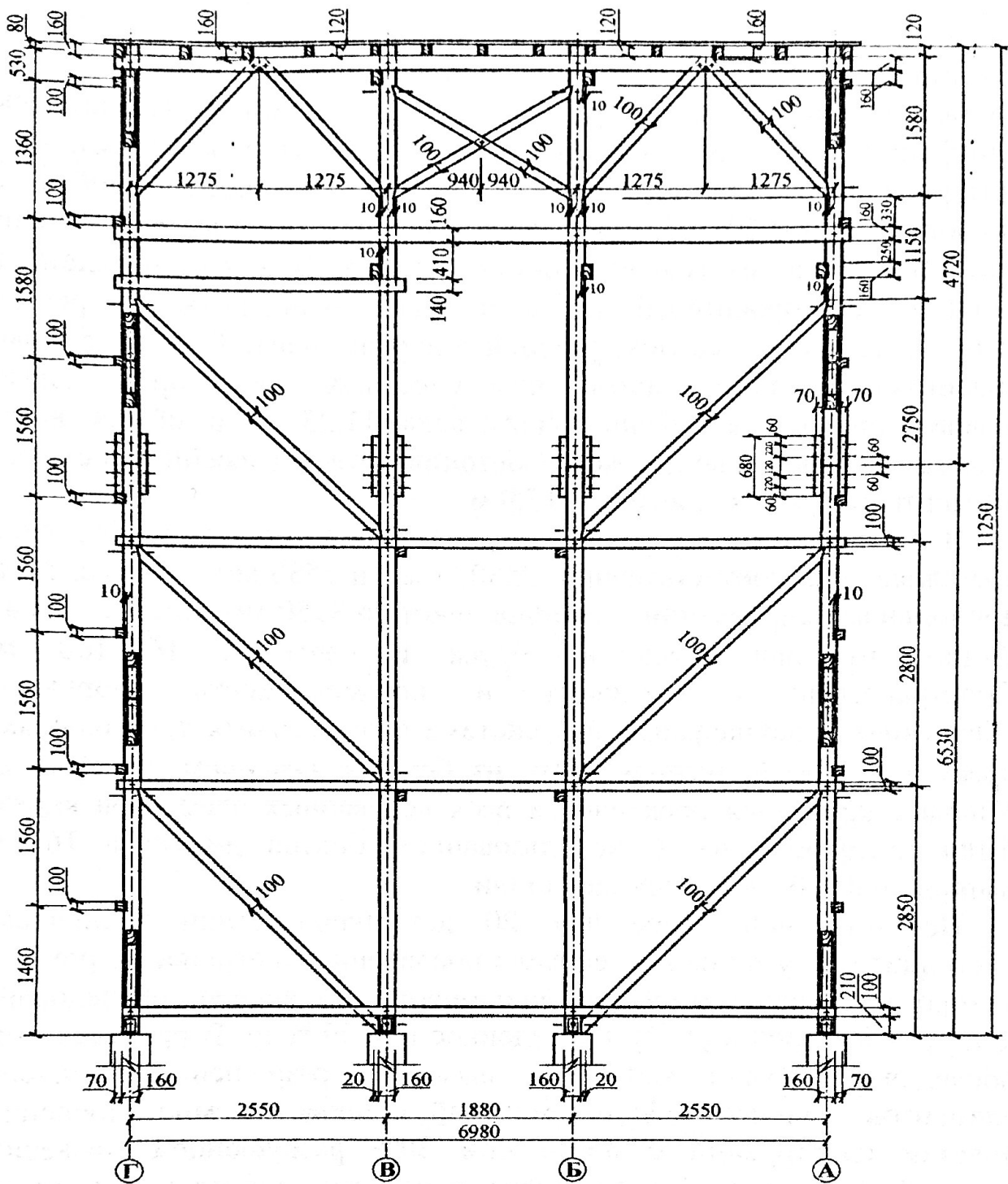


# ОСОБЕННОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ СООРУЖЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ МНОГОСЕКЦИОННЫХ ВЫТЯЖНЫХ БАШЕН ГРАДИРЕН

*Михайлов А.А., Дзюба С.В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)*

Рассматриваются проблемы реконструкции деревянных многосекционных вытяжных башен градирен производств непрерывного технологического цикла; уточняются необходимые условия эксплуатации элементов их конструкций

Сооружения вытяжных башен градирен с каркасами, использующими в качестве основного конструкционного материала древесину, нашли достаточно широкое распространение в отечественной и мировой практике строительства. Однако, при этом, практически все сооружения данного типа, подвергающиеся интенсивной эксплуатации, имеют ограниченный срок службы в силу специфических особенностей их работы: влажности внутренних воздушных потоков, составляющей 100%, циклического орошения конструкций оборотной водой с температурой до 60°C, периодического замораживания в зимний период года верхних слоев элементов конструкций, находящихся в водонасыщенном состоянии, а также вследствие агрессивных воздействий хлора и щелочей, содержащихся в технологических водах и вызывающих делигнификацию древесины с распадом ее структурных элементов. Таким образом, на промышленных предприятиях, оснащенных подобными элементами технологических цепей, часто встает вопрос об их реконструкции и замене. Особенно остро эта проблема стоит на предприятиях непрерывного технологического цикла, где временный вывод из эксплуатации градирен не допустим или влечет огромные экономические потери. Подобные предприятия обычно оснащаются многосекционными градирнями, позволяющими производить частичную их остановку для текущих ремонтов и технического обслуживания. При выполнении же работ, связанных с реконструкцией градирен, частичная остановка не всегда бывает достаточной в силу ряда конструктивных особенностей этих сооружений, одной из которых является расположение различных секций вытяжных башен в пределах общего каркаса.



**Рис. 1.** Поперечный разрез деревянного каркаса вытяжной башни.

Подобная проблема возникла и на Одесском припортовом заводе при реконструкции вытяжной башни градирни цеха аммиака, имеющей пропускную способность  $900 \text{ м}^3/\text{час}$ . Сооружение башни было поставлено французской фирмой «Гамон» при строительстве завода в конце 70-х годов прошлого века. Деревянный каркас башни имел четырехугольную форму в плане с размерами в осях  $12600 \times 6980 \text{ мм}$  и разделялся в средней части вертикальной дощатой перегородкой на две секции. Под каждой секцией был устроен железобетонный

водосборный бассейн, а на ее покрытии предусмотрено восьмигранное отверстие, огражденное по контуру полиэфирным кольцом с диаметром 4000 мм, внутри которого на съемной металлической платформе устанавливался вытяжной вентилятор с лопастями из армированного стекловолокном полиэфира, вращающийся со скоростью 150 и 300 об./мин. Наружное ограждение вытяжной башни изготавливалось из гофрированных асбестоцементных панелей, а в качестве ее оросителей использовались пластмассовые решетки (плиты), соединенные между собой в вертикальные блоки стальными тросиками с применением пластмассовых фиксаторов. Высота деревянного каркаса башни составляла 11,25 м, а общая высота сооружения, включающая железобетонные стены бассейнов и съемные элементы покрытия, достигала 15,9 м.

В поперечном направлении каркас башни имел три шага стоек, составляющих, соответственно, 2550, 1880 и 2550 мм (см. рис. 1), а в продольном направлении — четыре шага по 3150 мм (рис. 2, а). Сами стойки изготавливались из бруса с сечением 160×160 мм. Пространственную жесткость и неизменяемость сооружения обеспечивала двуплоскостная система вертикальных треугольных и крестовых связей, выполненных из бруса с сечением 100×100 мм. Узловые крепления практически всех деревянных элементов каркаса были предусмотрены с использованием болтов диаметра 16 мм, выполненных из нержавеющей стали.

По истечении более чем 20 лет эксплуатации техническое состояние сооружения потребовало проведения капитального ремонта, которому должно было предшествовать детальное обследование конструкций башни [1, 2], проведенное в 1999 году. В процессе этого обследования были выявлены массовые разрушения креплений элементов внешней асбестоцементной обшивки и многочисленные участки конструкций с более чем 30% разрушением древесины сечений элементов. Но наиболее серьезные дефекты соединений конструкций возникли вследствие отступлений от требований проекта, допущенных отечественными производителями работ, заменившими во всей верхней части сооружения нержавеющие болты французской поставки на болты, изготовленные из малоуглеродистой стали, что в конечном итоге за годы эксплуатации привело к коррозионному уменьшению их диаметров, составивших во многих местах 3...4 мм.

Оценив фактическое состояние строительных конструкций деревянной вытяжной башни градирни руководство завода приняло решение о ее замене на новую, выполненную в соответствии с имеющимися

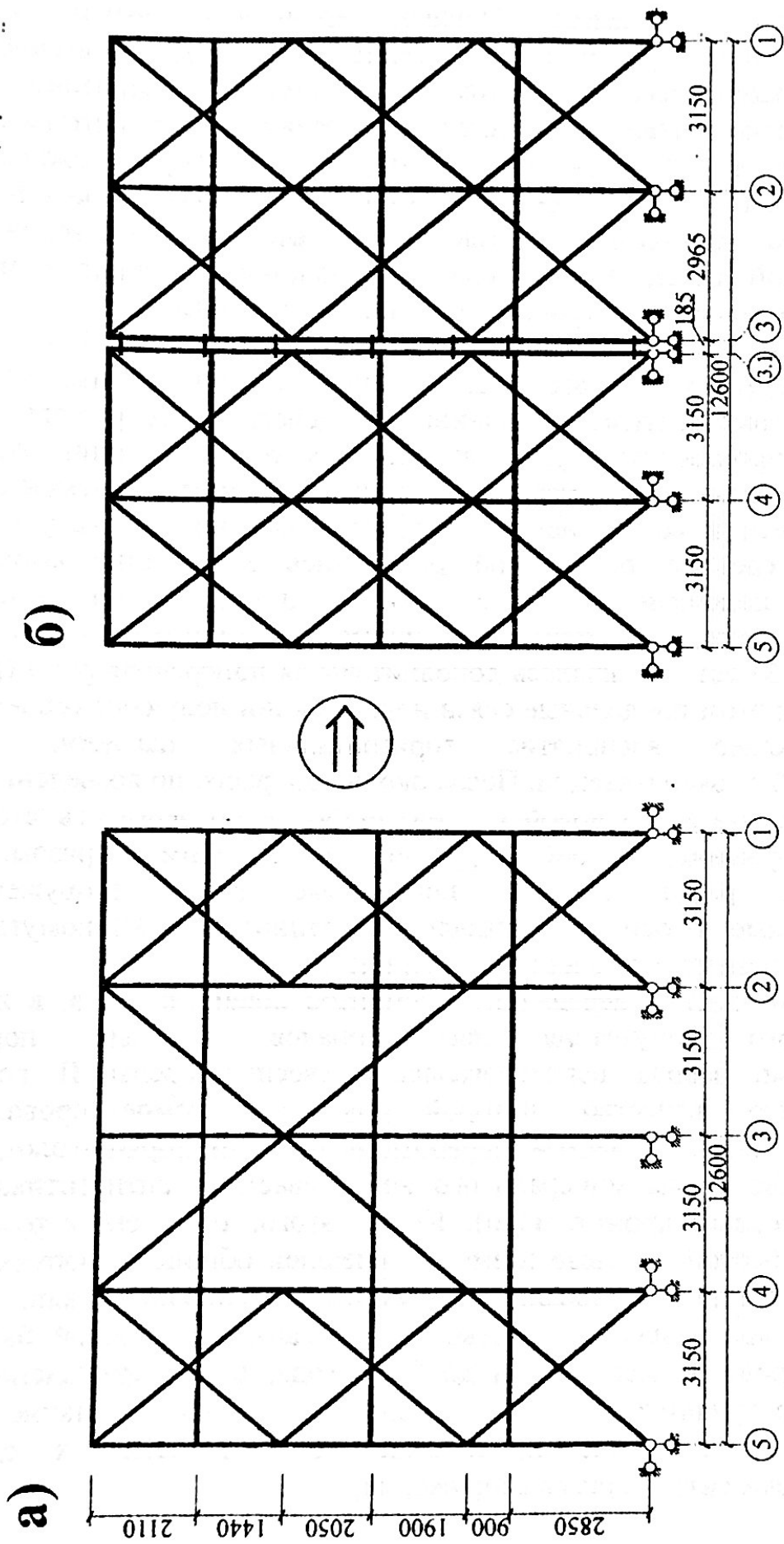


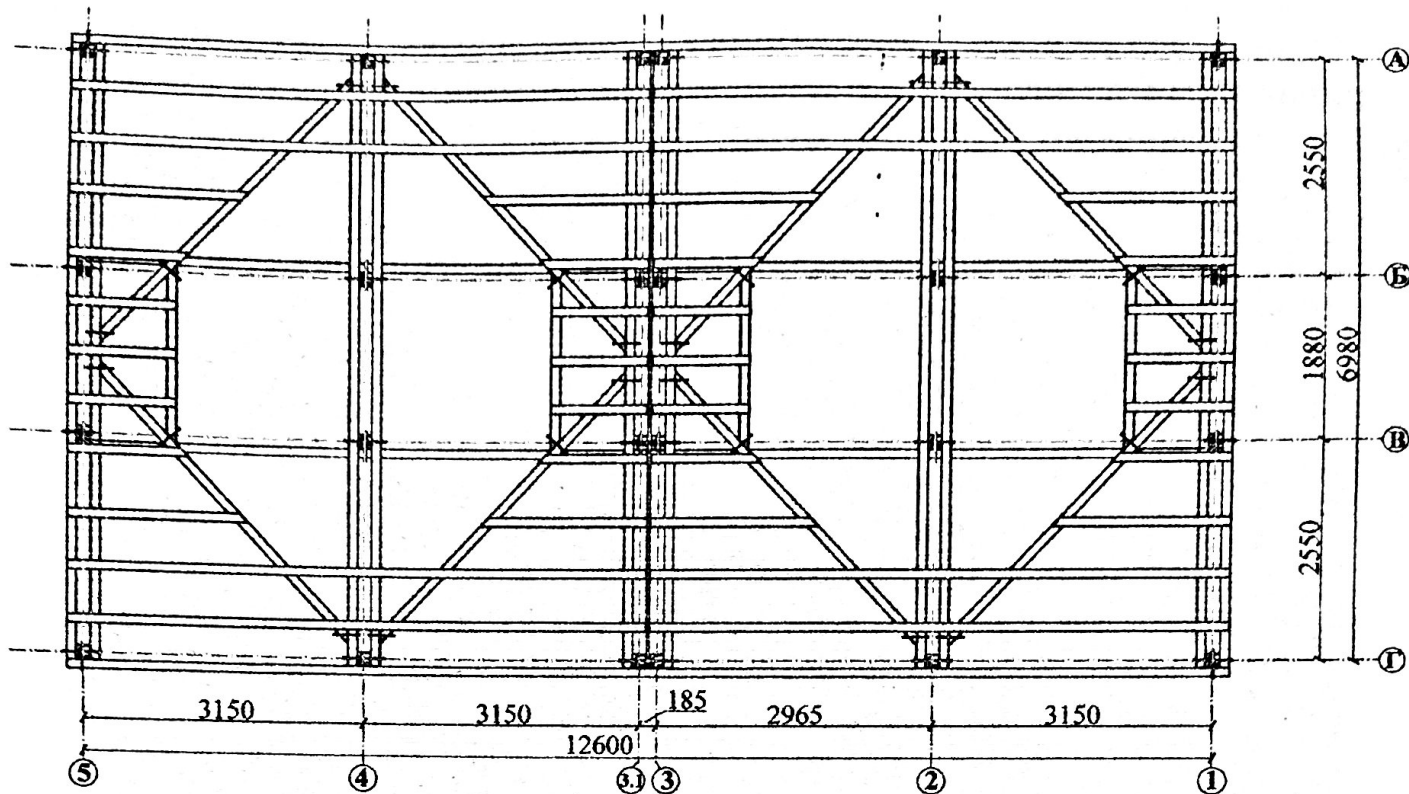
Рис. 2. Продольные схемы каркаса вытяжной башни: а — начальная, б — после реконструкции 2000 года

французскими чертежами. Однако, временный вывод всего сооружения из эксплуатации на период, достаточный для производства подобных работ, был недопустим в соответствии с особенностями технологического цикла предприятия, а простая разборка части каркаса сооружения в пределах одной из его секций, исключалась недостаточной несущей способностью сохраняемых продольных связей при совместном воздействии амплитудной величины динамической силы, создаваемой вращающимся вентилятором, и возможного торцевого ветрового давления на сооружение.

В виду перечисленного было решено внести изменения в схему реконструируемого каркаса башни, разделив его на две части, способные самостоятельно воспринимать действующие усилия. Для этого, при производстве работ в 2000 году, одна из секций башни получала временное усиление металлическими элементами, крепившимися к ее каркасу, а вторая разбиралась без нарушения элементов средней поперечной рамы (ось 3). После разборки возводился независимый каркас новой секции, для чего один из продольных шагов сооружения уменьшался на 185 мм, а у средней оси башни (ось 3) устанавливалась дополнительная поперечная рама (рис. 2, б; 3). При этом продольные связи новой секции получали усиление, обеспечивающее восприятие горизонтальных нагрузок при независимой ее эксплуатации. После окончания работ по возведению и вводу в эксплуатацию новой секции, разборке подвергалась вторая часть сооружения, реконструируемая аналогичным образом. В заключении работ средние поперечные рамы сооружения, расположенные у оси 3, стягивались соединительными хомутами, расставляемыми по длине их стоек (см. рис. 2, б).

Для изготовления деревянных элементов нового каркаса, в виду практического отсутствия лесоматериалов плотных пород, сотрудниками завода использовалась древесина сосны II сорта, недостаточное качество которой частично компенсировалось тщательной антисептической обработкой методом горяче-холодных ванн с применением минерального невымываемого антисептика — селькура (кислый хромат меди). Кроме этого, при реконструкции градирни асбестоцементные элементы внешней обшивки сооружения были заменены профилированными листами оцинкованной стали.

Нормальная эксплуатация реконструированной вытяжной башни градирни продолжалась вплоть до 2006 года, когда при плановых осмотрах сотрудниками завода было обращено внимание на значительное ухудшение прочностных свойств внешних слоев древесины элементов каркаса сооружения.



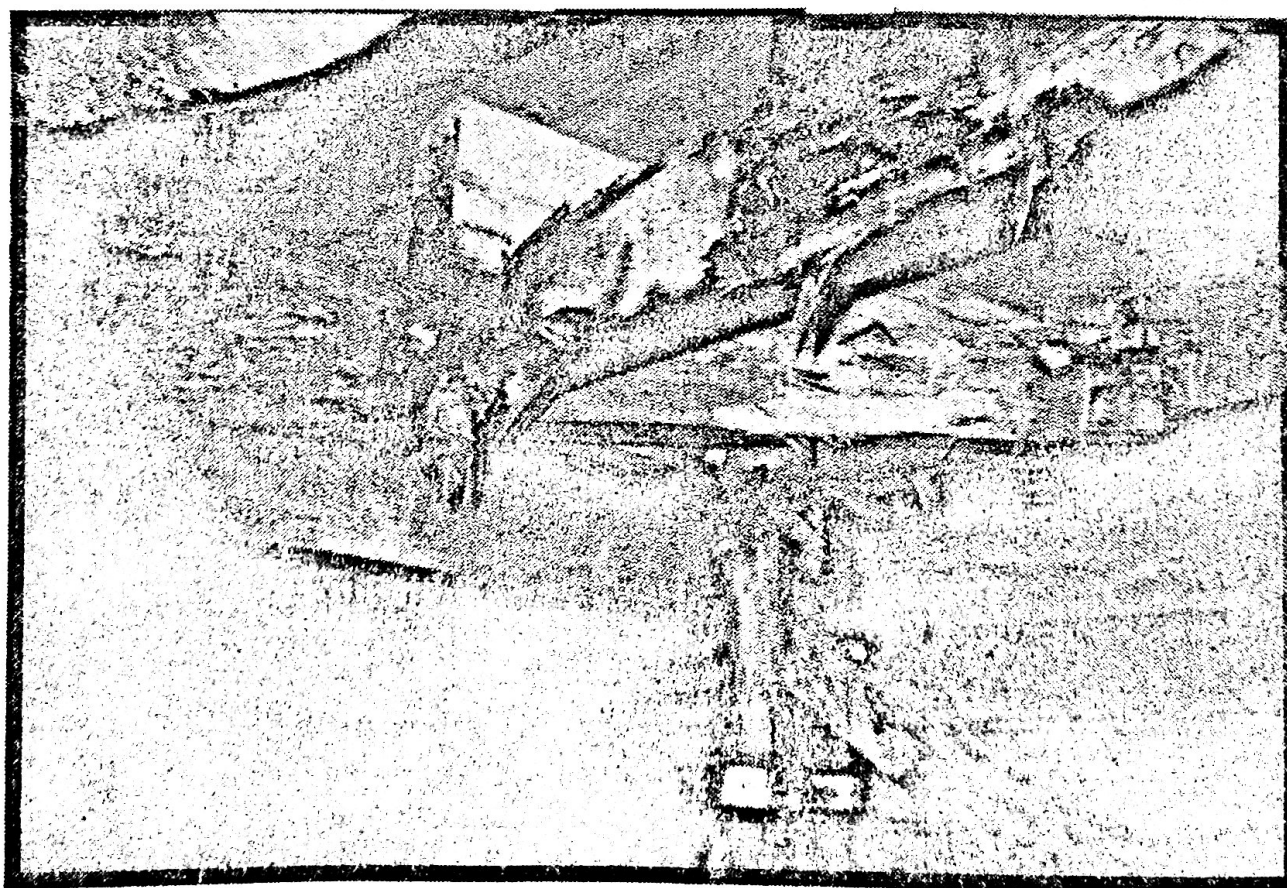
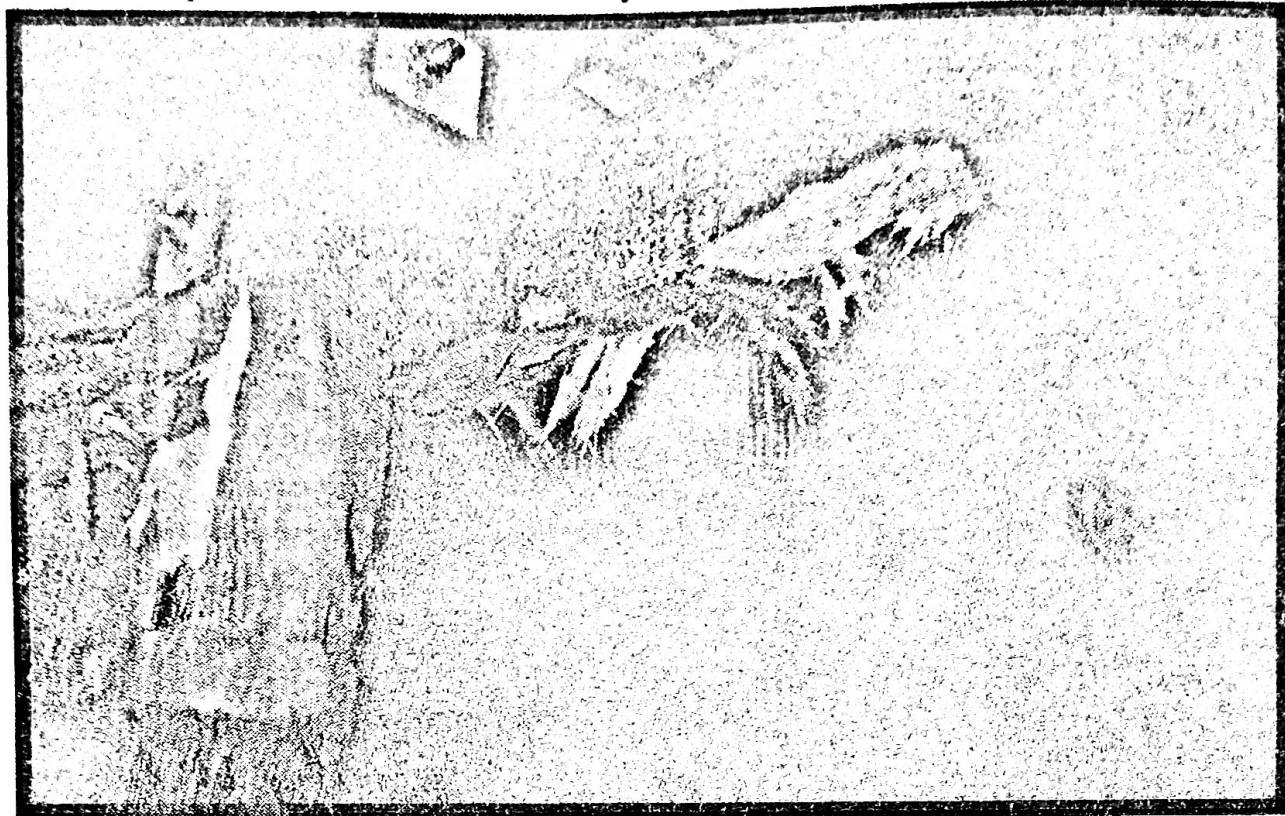
**Рис. 3.** План каркаса на уровне верхней площадки вытяжной башни после реконструкции 2000 года

Детальное обследование конструкций башни показало, что основная масса имеющихся дефектов относилась к верхней части сооружения, находящейся в пространстве между каплеуловительными фильтрами и вытяжными вентиляторами, где условия эксплуатации характеризуются циклической сменой температурно-влажностных режимов. При этом, концентрация дефектов древесины имела место в зоне, прилегающей к разделяющей секции башни дощатой перегородке; по внешнему же контуру верхней части сооружения дефекты практически отсутствовали. Серьезных дефектов деревянных конструкций нижней части каркаса вытяжной башни и ее внешней обшивки фактически не наблюдалось.

В зоне массового образования дефектов поверхностные слои древесины почти полностью утрачивали прочностные свойства на глубину до 30 мм и легко разрушались при незначительных механических воздействиях (рис. 4). Соответственно, рабочие части сечений отдельных несущих элементов каркаса башни уменьшились на 30...40%. Разрушения получали также и узлы крепления элементов: некоторые связи каркаса к моменту обследования отвалились.

Причиной образования дефектов в средней части сооружения явилось то, что при посекционной остановке градирни или выключении одного из вентиляторов, конструкции находящиеся по

сторонам разделительной перегородки, оказываются на границе зон с различными температурно-влажностными режимами, что в зимних условиях приводит к циклическому замораживанию с последующими



**Рис. 4.** Разрушение поверхностных слоев древесины внутренних элементов каркаса вытяжной башни градирни

оттаиванием и пропариванием их внешних водонасыщенных слоев. Этому процессу в немалой степени способствовала негерметичная конструкция дощатой разделительной перегородки, которая была выполнена из низкосортной древесины и к моменту обследования частично разрушилась.

Учитывая повышенные требования к надежности и бесперебойности работы градирен в составе технологической цепи, руководство завода приняло решение о замене в 2007 году секций деревянной вытяжной башни на новые более современные агрегаты с металлопластиковыми корпусами, в качестве которых были выбраны градирни типа CMDR12 460-DH-90-PS5/2 производства GEA Polacel b.v. (Голландия). Новое оборудование (рис. 8) за счет высокоэффективных оросителей обеспечивает большую пропускную способность (до 1100 м<sup>3</sup>/час для двух секций), а за счет возможности изменения количества пропускаемого воздуха позволяет более точно регулировать степень охлаждения воды.

Металлопластиковые градирни имеют меньший вес и габаритные размеры (длина — 7490 мм, ширина — 6280 мм, высота — 6220 мм; рабочий вес отдельной установки — 10380 кг) и могут быть установлены над существующими железобетонными чашами водосборных бассейнов. Их корпуса состоят из боковых предварительно напряженных полиэфировых панелей, смонтированных на рамах из нержавеющей стали AISI 304. Покрытия новых установок (корпуса осевых вентиляторов) также выполняются из предварительно напряженного полиэстера и имеют аэродинамическую форму, плавно переходящую к прямоугольной форме основного корпуса. Опорные рамы вентиляторов, алюминиевые лопасти которых непосредственно посажены на вал мотор-редуктор, изготавливаются из углеродистой стали с гальваническим покрытием. Скорость вращения лопастей вентилятора — 239 об./мин.

Несущие конструкции для ПВХ оросителей, полипропиленовых каплеуловителей и систем водораспределения новых градирен также выполняются из нержавеющей стали AISI 304. Жалюзи, устанавливаемые на входе воздуха, изготавливаются из предварительно напряженного полиэстера.

Задача замены существующей вытяжной башни, как и при предыдущей реконструкции, осложнялась требованием обеспечения постоянного нормального функционирования одной из ее секций. Кроме этого, приходилось учитывать отсутствие или фактическую неработоспособность, вследствие разрушения узлов, ряда продольных



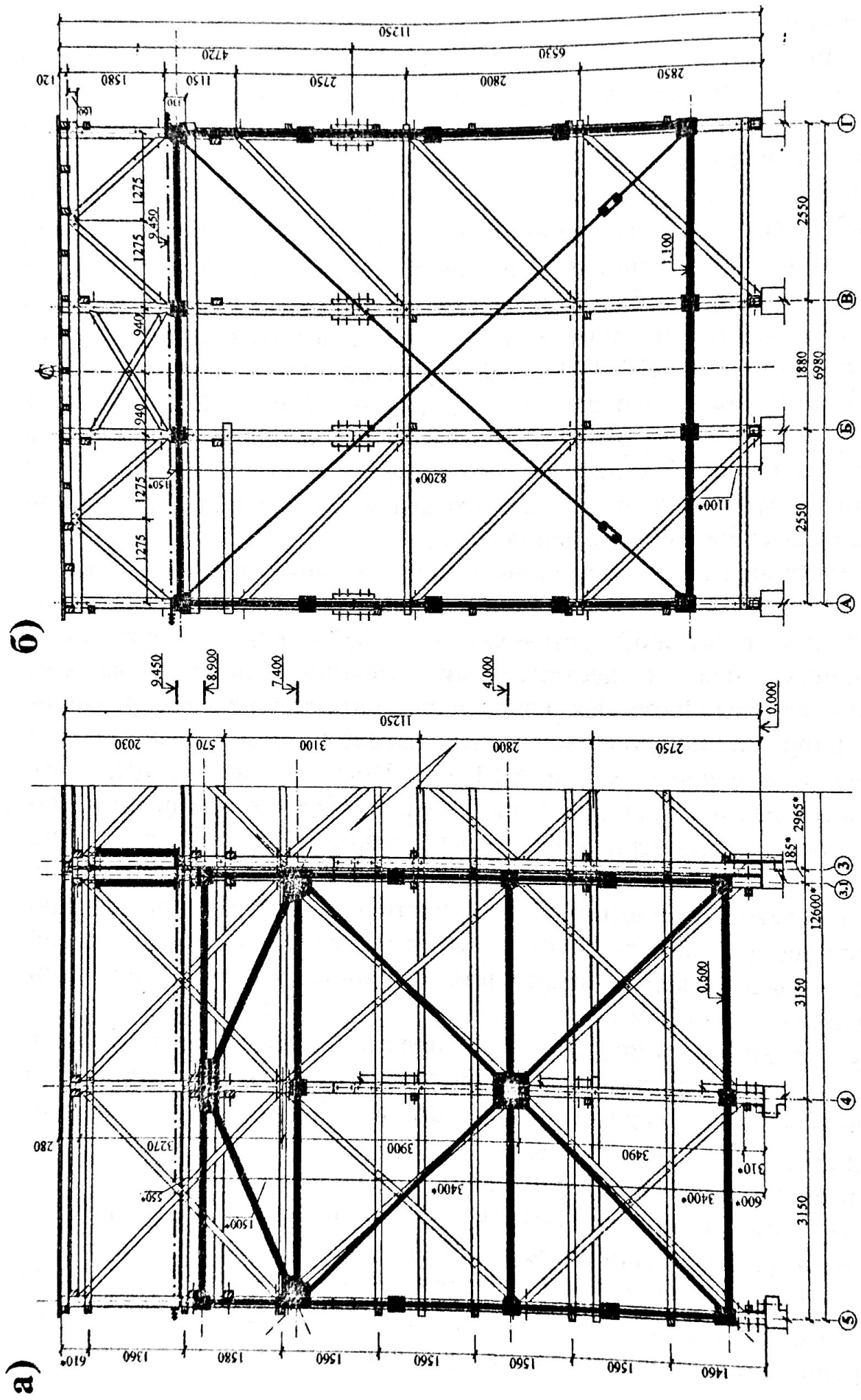
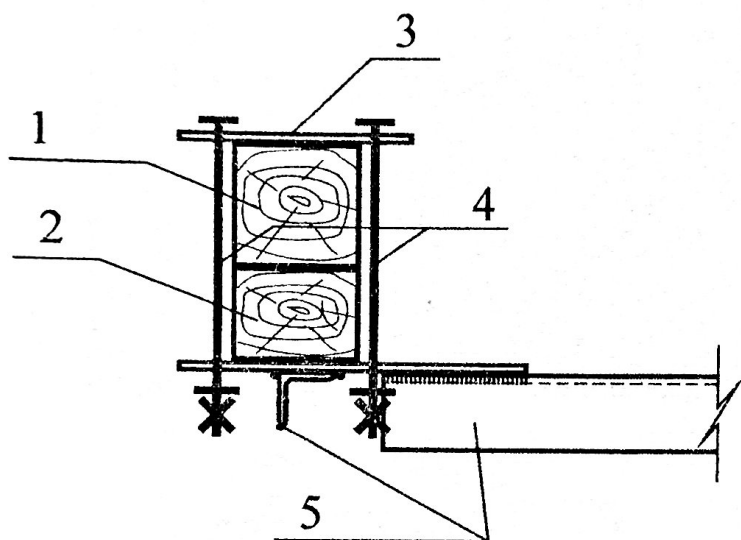


Рис. 5. Схемы временного усиления отдельно стоящей секции вытяжной башни градирни (обшивка условно не показана): а — в продольном направлении, б — в поперечном направлении

и поперечных связей, функции которых перераспределялись между элементами спаренных каркасов секций сооружения только при их совместной работе. Возникла необходимость усиления временно сохраняемой секции градирни, предшествующего разборке второй части вытяжной башни. Усиление могло производиться только снаружи сооружения так как доступу во внутренние его объемы препятствовало наличие технологической начинки башни (фильтров, каплеуловителей, оросительной системы и водораспределительных труб), а крепление к внешним элементам каркаса должно было производиться без демонтажа элементов обшивки [3].



**Рис. 6.** Узел крепления дополнительных связевых рам отдельно стоящей секции градирни (обшивка условно не показана): 1 — стойка (или ригель) каркаса, 2 — брус-подкладка в габарите обшивки, 3 — прижимная пластина, 4 — стяжные болты, 5 — элементы связевой рамы.

В качестве решения возникшей конструктивной проблемы были предложены внешние связи в виде металлических замкнутых рам, устанавливаемых вдоль каркаса усиливаемой секции (рис. 5, а) и в его торце (рис. 5, б). Продольные связи выполнялись из одиночных уголков, а поперечные — из одиночных уголков и гибких тяжей, натяжение которых осуществлялось с помощью муфт.

Для крепления связевых рам к каркасу с внешней стороны его металлической обшивки выполнялись небольшие вырезы, позволявшие охватить деревянный элемент башни прижимной пластиной и стяжными болтами (рис. 6). Габаритный размер сечения профилированного листа обшивки выбирался специальными брусками-подкладками, прижимавшимися фасонной пластиной связевой рамы.

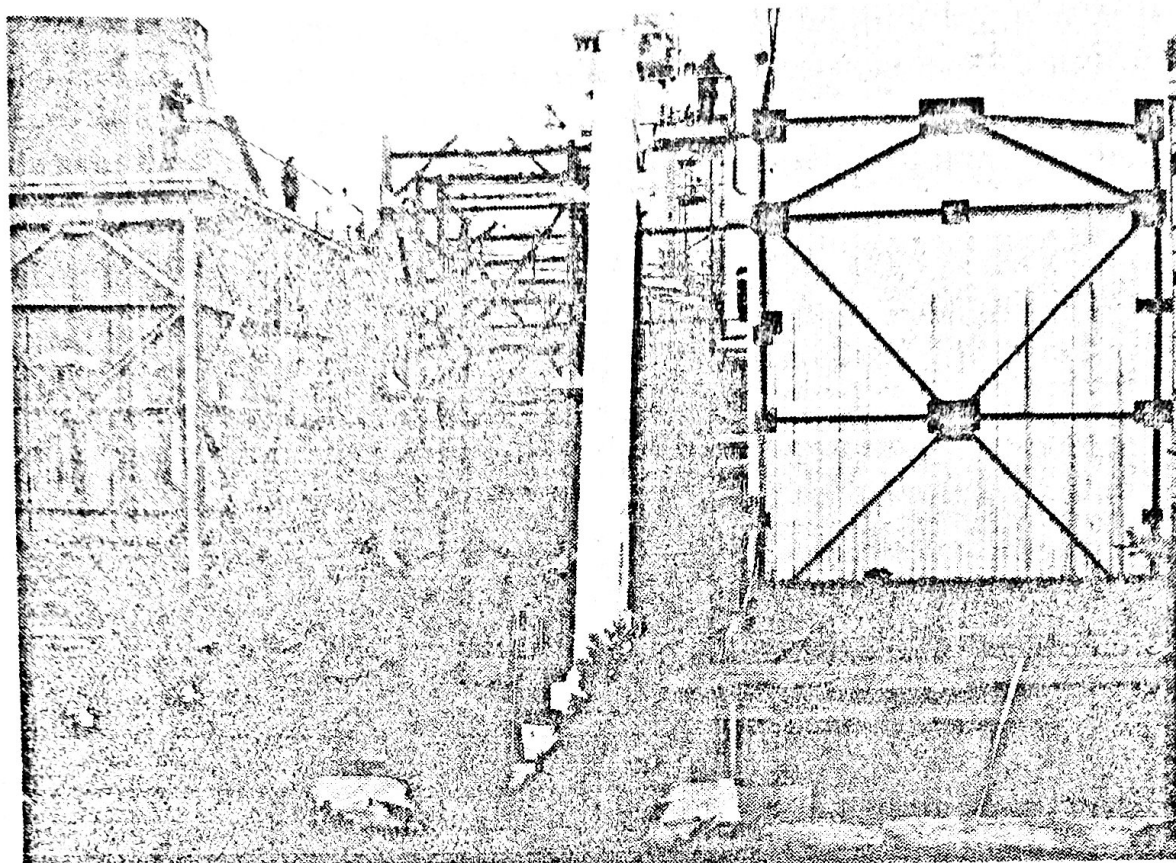


Рис. 7. Демонтаж одной из секций деревянной вытяжной башни градирни

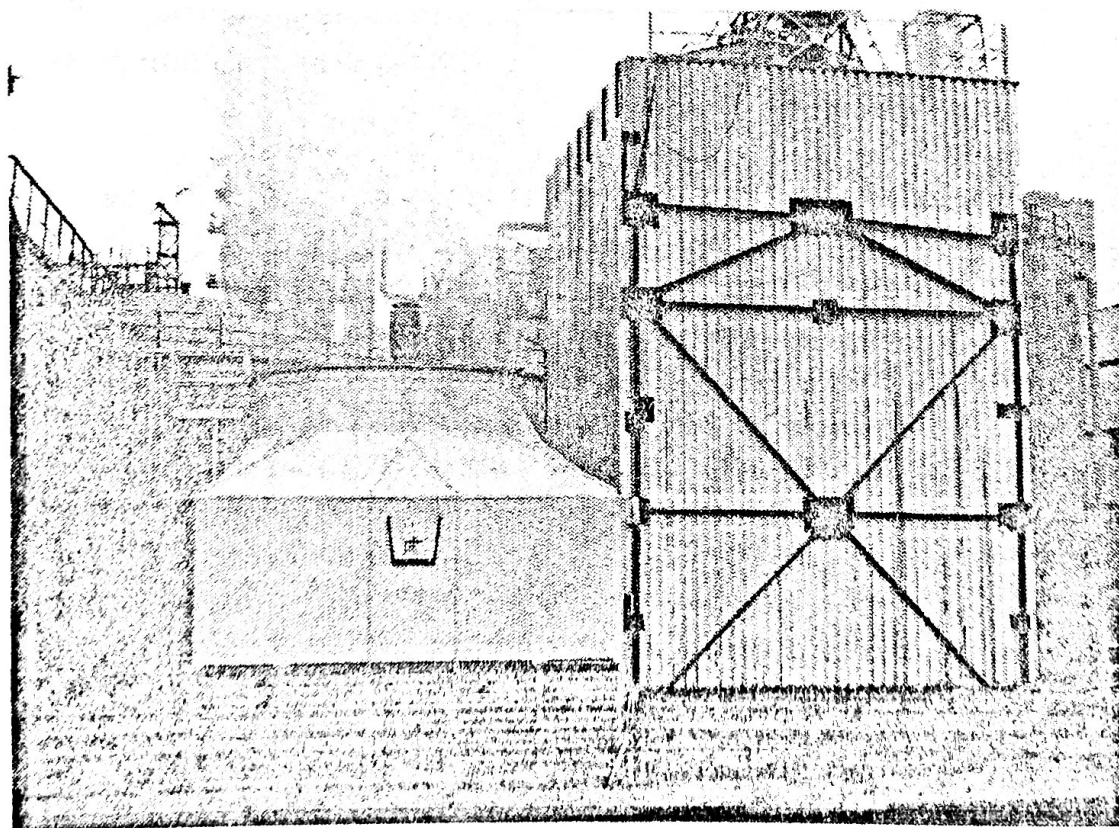


Рис. 8. Временная совместная эксплуатация секций деревянной вытяжной башни и металлопластиковой градирни

При освидетельствовании разбираемых деревянных конструкций градирни (рис. 7) особое внимание привлек тот факт, что фактически серьезные разрушения древесины имели место только в зонах, находящихся выше каплеуловительных фильтров, нижние части конструкций башни существенных повреждений не имели.

Исходя из конкретного опыта эксплуатации многосекционной деревянной вытяжной башни градирни можно сделать вывод о необходимости тщательной герметизации межсекционных разделительных перегородок подобных сооружения при раздельной эксплуатации их частей, поскольку данная мера исключает преждевременное разрушение древесины несущих элементов. Более длительный срок службы башни может обеспечить использование в качестве материала конструкций, расположенных выше уровня каплеуловителей, плотных сортов древесины (например лиственницы). Крепежные элементы, изготавливаемые из подверженных коррозии металлов, в подобных конструкциях фактически себя не оправдывают. Использование же в качестве обшивки профилированных оцинкованных листов стали, при надлежащем уходе за местами креплений, обеспечивает достаточно длительный срок ее эксплуатации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций по внешним признакам. — М.: ЦНИИПромзданий, 1989.
2. Эксплуатация деревянных конструкций. — М.: МИСИ им. В.В. Куйбышева, 1984.
3. Пособие по проектированию градирен (к СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения») / ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989.