

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

о проведении научно-технической работы на тему:

«Исследование функциональных качеств теплоизоляционного слоя ISOVER, производства ООО «Сен-Гобен Строительная Продукция Рус», в слоистой конструкции наружной стены» по договору № 12700 от 25 декабря 2008 г.

с ООО «Сен-Гобен Строительная Продукция Рус»

Аттестат аккредитации ГОСТ Р
№ РОСС RU.0001.22.СЛ57 от 23.11. 2006 г.

Действительно до 23.11.2009 г.

Аттестат аккредитации «Мосстройсертификация»
RU MCC. АЛ. 1.164. от 26.08.2005 г.

Действительно до 26.08.2010 г.

Зав. лабораторией теплофизических
характеристик и долговечности строительных
материалов и изделий,
доктор технических наук, профессор

В.Г. Гагарин

отв. исполнитель:
Ведущий научный сотрудник
кандидат технических наук

И.В. Бессонов

Москва – 2009 г.

В соответствии с условиями договора №12700 от 25 декабря 2008 г. в лаборатории НИИСФ РААСН проведены работы по исследованию функциональных качеств теплоизоляционного слоя ISOVER на примере плит KL 34, производства ООО «Сен-Гобен Строительная Продукция Рус», в слоистой конструкции наружной стены.

Цель работы: на основании комплексных исследований физико-механических, теплофизических характеристик плит марки ISOVER KL 34, а так же экспериментальных определений и теплотехнических расчетов наружных ограждающих конструкций с их применением, оценить долговечность стекловолоконистых изделий, используемых в различных строительных конструкциях, в условных годах эксплуатации.

Проведены работы:

- по определению изотерм сорбции-десорбции водяного пара, паропроницаемости и водопоглощения образцов плит KL 34;
- по определению стойкости к периодическому замораживанию оттаиванию образцов плит KL 34;
- по определению сопротивления теплопередаче фрагмента конструкции в климатической камере;
- по определению сохранения технической фиксации (сползаемости) и формоустойчивости (сохранение геометрических размеров) плит KL 34 на фрагменте стеновой конструкции в сопоставлении с каменноватными плитами аналогичного назначения;
- теплотехнические расчеты конструкций для различных регионов с определением возможной зоны конденсации и систематического влагонакопления.

Оглавление

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| Экспериментальная часть | 9 |
| 1. Определение изотерм сорбции-десорбции водяного пара, паропроницаемости образцов плит и водопоглощения плит ISOVER KL 34. | 9 |
| 2. Определение стойкости плит ISOVER KL 34 к периодическому замораживанию оттаиванию. | 18 |
| 3. Экспериментальное определение сопротивления теплопередаче фрагмента конструкции в климатической камере. | 25 |
| 4. Исследование технической фиксации и формостабильности минераловатных утеплителей. | 32 |
| 5. Теплотехнические расчеты ограждающих конструкций с теплоизоляционным слоем из стекловолокнистых плит ISOVER KL 34 для различных регионов Российской Федерации. | 40 |
| Выводы | 47 |
| Список использованной литературы. | 50 |
| Приложения | 51 |

ВВЕДЕНИЕ

ISOVER – известная марка высококачественных материалов для тепло- и звукоизоляции.

В России марку представляет французский концерн «Сен-Гобен». Концерн производит теплоизоляционные материалы с 1936 года и является мировым лидером в этой области. В 1957 году концерн «Сен-Гобен» запатентовал технологический процесс производства теплоизоляционных изделий из стекловолокна TEL, который произвел революцию на рынке теплоизоляции. В 1981 году концерн выпустил стекловолнистую теплоизоляцию второго поколения TELSTAR, и этот материал стал мировым стандартом тепловой изоляции из стекловолокна.

Технологические процессы для производства теплоизоляционных изделий из стекловолокна, разработанные специалистами «Сен-Гобена» используются во всем мире, причем не только в дочерних компаниях, но и на многих других фирмах, которые приобрели лицензии на эти технологии.

Концерн «Сен-Гобен» постоянно совершенствует технологию производства и повышает качество теплоизоляционных изделий из стекловолокна. Производимые в разные годы на современном оборудовании продукция из стекловолокна, а именно волокна марки «TEL», «Амбрелла», «Арланда», «Арланда-плюс», «Термистар» отличаются в первую очередь средним диаметром волокна и длиной. Средний диаметр волокна «TEL» на первоначальном этапе производства составлял 15-20 мкм, после усовершенствования технологии в 1960-х годах выпускалось волокно «Амбрелла» диаметром 7-8 мкм, с 1980 года – волокно «Арланда» диаметром 4-5 мкм, с 2000 года – волокна «Арланда-плюс» и «Термистар» диаметром 3 мкм и длиной до 250 мм.

Теплоизоляционные плиты и маты ISOVER, выпускаемые заводом компании «Сен-Гобен Строительная Продукция Рус» в г. Егорьевске изготавливаются из стекловолокна марки «Руфайл», «Арланда-плюс» и «Термистар», что обеспечивает высокие теплофизические и эксплуатационные свойства своей продукции.

Технологический процесс производства стекловолокнистой теплоизоляции ISOVER начинается с подготовки шихты. Шихта готовится в дозаторно-смесительном отделении согласно заданной рецептуре. Готовая шихта передается для плавления в стеклоплавильную печь для расплава в стекломассу с определёнными физико-химическими свойствами, необходимыми для получения стекловолокна.

Стеклообразующая смесь из сырьевых материалов расплавляется в печи с электрическим или газовым обогревом при температуре около 1400 °С.

Из печи расплавленное стекло подаётся в питатель и канал кондиционирования стекломассы, где стекло проходит подготовительную фазу (доводку до определенной температуры) для последующей фазы процесса – волокнообразования.

На выходе из питателя расплавленное стекло вытекает через отверстия в днище канала питателя и далее через переходную фильеру подается на оборудование волокнообразования. Каждая переходная фильера подогревается, а температура контролируется для поддержания нужной скорости потока расплава стекла.

Через фильеру стекло вытекает во вращающуюся корзину (спиннер) с просверленными отверстиями. За счёт центробежной силы расплавленное стекло проходит через отверстия спиннера и попадает на периферию центрифуги. Диаметр центрифуг подобран в соответствии с производительностью линии, скорость вращения – 1800 - 2200 об/мин вокруг вертикальной оси.

Центробежная сила превращает расплавленное стекло в волокно за счёт пропускания его через маленькие отверстия, которые расположены по периметру центрифуги.

Температура поддерживается с помощью пламени кольцевой газовой горелки и за счет индукционного нагрева.

Образованное таким образом первичное волокно затем вытягивается за счёт нагрева до высокой температуры и высокоскоростной воздушно-газовой струи для получения необходимой толщины волокна.

Полученное волокно с помощью воздушной короны направляется на участок формования.

Волокно опрыскивается связующим веществом, автоматически через форсунки, расположенные на воздушном кольце под центрифугой. Связанное волокно попадает на металлический конвейер, образуя первичный мат.

Первичный мат стекловолокна с участка формования подается в двухсекционную печь спекания для отверждения связующего.

Из печи спекания выходит продукт с регламентируемыми величинами теплофизических и физико-механических свойств.

Далее продукт проходит финишную обработку на линии и упаковку.

Существовавшие до последнего времени в России отечественные технологии производства стекловолокнистых теплоизоляционных материалов по существу оставались на уровне устаревших зарубежных технологий 30-40-х годов прошлого века.

Производство стекловолокна по таким технологиям начинается с плавки стекла в ванной печи, из которой стекломасса поступает в питатель. Из питателя расплавленная стекломасса непрерывной струей вытекает в емкость, наполненную проточной водой, где стекло отвердевает в виде так

называемого «эрклеза», т.е. зерен стекла различной величины и формы. При помощи ковшового элеватора эрклез подается в запасной бункер, откуда конвейером доставляется к печам, обогреваемым горелками, работающими на жидком топливе. Каждая печь имеет по две симметрично расположенных камеры, где происходит плавка эрклеза. На дне камеры имеются пластины с отверстиями, выполненные из шамотного материала или жароупорного металлического сплава. В каждой пластине проделано более ста отверстий (фильер) диаметром около 2мм каждое. Через фильеры стекло вытекает в виде капель, тянущих за собой тонкие волокна. Эти волокна захватываются вращающимися барабанами, наматываются на них, растягиваясь и утончаясь тем более, чем быстрее вращаются барабаны. Производительность одной такой печи достигает 0,5 т в сутки относительно толстого стеклянного волокна, из которого получается войлок и маты.

Когда нужно получить более тонкие стеклянные волокна, применяющиеся для текстильных надобностей, технологический процесс видоизменяется. Он становится значительно точнее, и отдельные операции проводятся более качественно.

Прежде всего, эрклез заменяется на стеклянные шарики совершенно одинакового диаметра (2 см). Шарики прессуются из стекла на специальной прессовой машине. Замена эрклеза шариками вызвана двумя соображениями: во-первых, необходимостью получить в камере вытягивания более качественное стекло, лишенное пузырьков воздуха, которое захватывается эрклезами неправильной формы, а во-вторых, возможностью автоматического питания камеры вытягивания точными дозами стекла для поддержания уровня расплава в резервуаре печи, чего нельзя добиться при неправильной форме эрклезов. Регулирование уровня стекла осуществляется поплавком, плавающим в расплавленной стекломассе и связанным с механизмом для подачи шариков. Стекломасса, так же как и в первом варианте, вытекает через фильеры в дне резервуара печи под влиянием

собственного веса. Образующиеся волокна наматываются на катушку наматывающего вращающегося аппарата, который растягивает их со скоростью 2 км/мин. Толщина волокна зависит от диаметра фильер, уровня стекломассы, вязкости ее и скорости вытягивания. Производительность такой установки не превосходит 25 кг в сутки, что примерно в 20 раз меньше производительности установки для получения грубого волокна.

Следует упомянуть еще один способ получения стеклянного волокна с использованием пара или сжатого воздуха. Сущность этого метода в том, что на тянущиеся из фильер нити стекла направляется струя пара или сжатого воздуха. При этом стеклянные нити растягиваются с огромной скоростью и в спутанном состоянии, в виде войлока, падают вниз и присасываются к стенкам находящегося под вакуумом барабана. Этот метод во много раз превосходит по производительности все другие методы.

Некоторым вариантом этого метода следует признать так называемый центробежный способ. В нем растягивание волокон осуществляется не паром или воздухом, а быстро вращающимся диском, на который падают стеклянные волокна. При огромной производительности этот процесс дает лишь очень грубое волокно, неоднородное по толщине, что невыгодно отражается на его изоляционных свойствах.

Общим всех описанных выше производств является то, что эти технологии не позволяют формировать из стеклянных волокон теплоизоляционные изделия со строго заданными плотностью и теплофизическими характеристиками.

Продукция таких производств не удовлетворяет современным требованиям по теплотехническим и физико-механическим характеристикам, предъявляемым к минераловатным теплоизоляционным изделиям. Низкое качество подобной продукции формирует у потребителя общее негативное отношение ко всем стекловолкнистым утеплителям, в том числе

производимым на современном оборудовании по самым передовым технологиям.

Высокое качество современных стекловолокнистых изделий обусловлено обеспечением стабильности технологических параметров изготовления на всех переделах производства. В новой технологии исходная стекломасса проходит неоднократную обработку для обеспечения заданных свойств с целью получения волокна с требуемыми характеристиками. В технологии изготовления изделий использованы запатентованные способы волокнообразования.

Следует отметить, что до настоящего момента системного изучения функциональных качеств современных высококачественных стекловолокнистых утеплителей не проводилось и настоящая работа является первым исследованием в этой области.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

1. Определение изотерм сорбции-десорбции водяного пара, паропроницаемости образцов плит и водопоглощения плит ISOVER KL 34.

Сорбцию и десорбцию стекловолокнистых изделий марок KL 34 определяли в соответствии с ГОСТ 24816 «Материалы строительные. Метод определения сорбционной влажности». В стеклянные бюксы загружали частички измельчённого материала размером 0,5-2 мм каждой марки, по пять бюкс на каждый состав и на каждую относительную влажность. Образцы в бюксах предварительно высушивались в сушильном шкафу до постоянной массы при температуре 100 ± 2 °С. Открытые бюксы с навесками материала помещали в эксикаторы, на дне которых находится водный раствор серной кислоты различных концентраций, который создаёт относительную влажность воздуха в эксикаторах $\varphi=40, 60, 80, 90$ и 97% , в соответствии СП

23-101-2004. Эксикаторы плотно закрывали крышкой с притертыми краями. Бюксы с образцами материала периодически взвешивали до достижения равновесного влагосодержания между воздухом, находящимся в эксикаторе, и испытуемым материалом. По разности масс бюкса с материалом в сухом состоянии и в состоянии равновесного влагосодержания определяли влажность материала при соответствующей относительной влажности воздуха ϕ в эксикаторе.

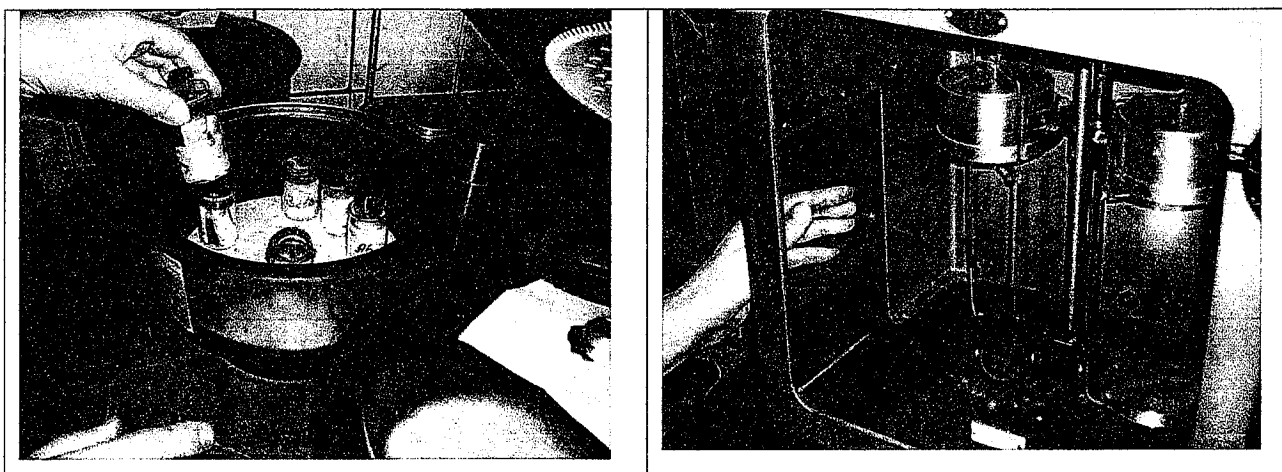


Рис. 1.1. Проведение исследований сорбционных свойств стекловолоконистых изделий марок KL 34 по ГОСТ 24816 «Материалы строительные. Метод определения сорбционной влажности».

В таблице 1.1. представлены результаты экспериментальных измерений сорбционной влажности стекловолоконистых плит марок KL 34.

Таблица 1. 1.

Усредненные значения экспериментальных определений сорбционной влажности плит стекловолоконистых марок KL 34.

| Марка стекловолоконистых изделий | Плотность, кг/м ³ | Сорбционная влажность (w, %) при относительной влажности (ϕ , %) | | | | |
|--|---------------------------------|--|------|------|-----|-----|
| | | 40 | 60 | 80 | 90 | 97 |
| сорбция | | | | | | |
| KL 34 | 20 | 0,5 | 0,55 | 0,73 | 2,8 | 5,6 |
| десорбция | | | | | | |
| KL 34 | 20 | 0,5 | 0,55 | 0,80 | 2,8 | 5,6 |

Исследование сорбционных свойств стекловолоконистых изделий марок ISOVER KL 34 выявило практическое отсутствие гистерезиса, т.е. изотермы десорбции очень близки или совпадают с изотермами сорбции. Сорбционное увлажнение при относительной влажности 97% для образцов плит стекловолоконистых марки KL 34 составило 5,6 % мас., а для относительной влажности воздуха 90% - 2,8%. Однако, в условиях реальной эксплуатации, влажность воздуха в слоях конструкций таких величин может не достигать. При относительной влажности воздуха 80% сорбционная влажность стекловолоконистого утеплителя ISOVER KL-34 составляет 0,73 – 0,80%.

Проведены работы по оценке динамики увлажнения при частичном погружении в воду при 20°C, а так же скорости высыхания образцов стекловолоконистых плит KL 34 при температуре -4°C, +20 °C и +50 °C. Перед увлажнением образцы размером 100x100x50 (мм) в соответствии с ГОСТ 17177 взвешивали на аналитических весах, определяли массу в состоянии естественной влажности, увлажнение осуществляли посредством частичного погружения в воду на срок 15 минут, 30 минут, 60 минут и 24 часа. После увлажнения образцы взвешивали и вычисляли водопоглощение за указанный срок. Для оценки скорости высыхания, образцы, увлажненные посредством частичного погружения, помещали в морозильную камеру с температурой -4°C, оставляли в лабораторном помещении при 20 °C, а так же выдерживали в термостатированном шкафу при температуре +50 °C, относительная влажность воздуха во всех случаях составляла от 30% до 40%. Образцы взвешивали каждые сутки и определяли срок возвращения массы к первоначальному значению.

Водопоглощение по массе образцов при частичном погружении в воду, а так же влажность образцов при высыхании $W_{мас}$ в процентах по массе вычисляли по формуле:

$$W_{мас} = (m - m_0) / m_0 \times 100,$$

где, m – масса увлажненного образца, г,

m_0 – масса образца до погружения в воду, г.

Исследование водопоглощения образцов стекловолоконистых изделий на примере марки ISOVER KL 34 показало, что при частичном погружении в воду, увлажняются слои на уровне зеркала воды, в слои выше уровня воды влага практически не перемещается. За первые 15 минут частичного погружения образец набирает около 90% воды по массе, за 24 часа около 700% по массе. Высыхание образцов происходит достаточно интенсивно как при повышенной (+50 °C), так и при комнатной температуре, образцы, увлажняемые 24 часа восстановили свою массу за трое суток.

Отмечено, что высыхание образцов так же происходило и при пониженной температуре (-4°C), образцы, увлажненные до 90% высыхали за 2-е суток, увлажненные до 160% высыхали на 4-е сутки, увлажненные до 220% высыхали на 5-е сутки, увлажненные до 700% высыхали на 21-е сутки.

Результаты экспериментальных определений увлажнения и высушивания приведены в таблице 1.2.

Результаты экспериментальных определений увлажнения и высушивания образцов стекловолокнистых плит КЛ 34

Таблица 1.2.

| № | Режим увлажнения | Масса обр. в сост. ест. влажн., гр | Плотность, кг/м ³ | Водопоглощение | | | Скорость высыхания, сутки | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------------------------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|----------|---------------------------|---|---|------------|---|---|-----------|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | | | | Масса увл. обр., гр | Кол-во погл. воды, гр | W, % мас | при +20 °С | | | при +50 °С | | | при -4 °С | | | | | | | | |
| | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | |
| 1 | 15 минут увлажнения при частичном погружении в воду | 8,5 | 19,2 | 17,0 | 8,5 | 100 | 8,5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | | 10,0 | 20,4 | 17,5 | 7,5 | 75 | 9,8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | 11,0 | 20,8 | 19,0 | 8,0 | 72,7 | 11,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | 9,0 | 18,2 | 19,2 | 10,2 | 113 | - | - | - | 9,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | 10,0 | 19,5 | 19,5 | 9,5 | 95 | - | - | - | 9,95 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | 8,0 | 19,6 | 16,0 | 8,0 | 100 | - | - | - | 7,94 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | 10,5 | 21,2 | 18,0 | 7,5 | 71,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | 10,5 | 19,8 | 20,0 | 9,5 | 90,5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | 10,0 | 18,9 | 20,3 | 10,3 | 103 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Таблица 1.2. продолжение

| № | Режим увлажнения | Масса обр. в сост. ест. влажн., гр | Плотность, кг/м ³ | Водопоглощение | | | Скорость высыхания, сутки | | | | | | | | | | | |
|---|---|------------------------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|-------|---------------------------|-----|---|------------|---|---|--|------|------|------|---|---|
| | | | | Масса увл. обр., гр | Кол-во погл. воды, гр | W, % | при +20 °С | | | при +50 °С | | | при -4 °С | | | | | |
| | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| 2 | 30 минут увлажнения при частичном погружении в воду | 9,5 | 18,4 | 23,5 | 14,0 | 147,4 | 9,52 | 9,5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | 9,5 | 19,6 | 26,2 | 16,7 | 176 | 10,0 | 9,5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 8,5 | 19,7 | 22,8 | 14,6 | 172 | 10,5 | 8,5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 10,0 | 20,0 | 26,3 | 16,3 | 163 | - | - | - | 10,0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 10,5 | 20,0 | 25,5 | 15,5 | 147,6 | - | - | - | 10,5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 10,0 | 20,0 | 24,4 | 14,4 | 144 | - | - | - | 10,0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 8,5 | 20,0 | 23,5 | 15,0 | 176 | - | - | - | - | - | - | 11,7 | 10,4 | 9,2 | 8,5 | | |
| | | 9,0 | 20,0 | 26,6 | 17,0 | 188 | - | - | - | - | - | - | 14,3 | 12,1 | 10,3 | 8,92 | | |
| | | 9,5 | 20,0 | 26,6 | 16,5 | 174 | - | - | - | - | - | - | 14,4 | 12,4 | 10,7 | 9,38 | | |
| | | | | | | | | | | | | | Примечание: образцы высохли на 4-е сутки | | | | | |

Таблица 1.2. продолжение

| № | Режим увлажнения | Масса обр. в сост. ест. влажн., гр | Плотность, кг/м ³ | Водопоглощение | | | Скорость высыхания, сутки | | | | | | | | | | | |
|--------|----------------------|------------------------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|----------|---------------------------|------|---|------------|---|---|--|---|---|---|---|---|
| | | | | Масса увл. обр., гр | Кол-во погл. воды, гр | W, % мас | при +20 °С | | | при +50 °С | | | при -4 °С | | | | | |
| | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| 3 | 60 минут | 10,0 | 20 | 29,5 | 19,5 | 195 | 10,9 | 10,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | 11,5 | 20 | 33,5 | 22,0 | 191 | 12,4 | 11,5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 9,5 | 20 | 29,0 | 19,5 | 205 | 10,5 | 9,5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 10,0 | 20 | 32,1 | 22,1 | 221 | - | - | - | 10,0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 10,5 | 20 | 34,7 | 24,2 | 230 | - | - | - | 10,43 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| в воду | частичном погружении | 10,0 | 20 | 34,5 | 24,5 | 245 | - | - | - | 10,0 | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | 10,0 | 20 | 29,5 | 19,5 | 195 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | 10,0 | 20 | 34,5 | 24,5 | 245 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 9,5 | 20 | 29,0 | 19,5 | 205 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | | | | | | | | | Примечание: образцы высохли на 5-е сутки | | | | | |

Таблица 1.2. окончание

| № | Режим увлажнения | Масса обр. в сост. ест. влажн., гр | Плотность, кг/м ³ | Водопоглощение | | | Скорость высыхания, сутки | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|------------------------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|----------|---------------------------|------|------|------------|------|---|-----------|------|------|------|---|---|---|---|
| | | | | Масса увл. обр., гр | Кол-во погл. воды, гр | W, % мас | при +20 °С | | | при +50 °С | | | при -4 °С | | | | | | | |
| | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 4 | 7 | 12 | | | | |
| 4 | 24 часа минут | 9,6 | 20 | 86,5 | 76,9 | 780 | 62,7 | 32,0 | 9,6 | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| | | | | | | | 85,3 | 74,1 | 64,4 | 35,3 | 11,2 | - | - | - | - | - | - | | | |
| | | | | | | | 93,5 | 84,1 | 68,7 | 36,0 | 9,4 | - | - | - | - | - | - | | | |
| | | 8,8 | | 20 | 74,0 | | 65,2 | 72,6 | 63,3 | 711 | - | - | - | 39,6 | 17,0 | 8,8 | - | - | - | - |
| | | | | | | | | | | | - | - | - | 36,5 | 15,2 | 9,27 | - | - | - | - |
| | | | | | | | | | | | - | - | - | 38,4 | 16,3 | 8,6 | - | - | - | - |
| | | 10,5 | | 20 | 73,0 | | 62,5 | 74,6 | 66,0 | 661 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | | | | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | | | | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 9,4 | | 20 | 80,6 | | 71,2 | 84,5 | 73,2 | 661 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | | | | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 11,3 | | | | | | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | | - | | | - | | | | | - | - | - | - | - | - | - | | | |

Примечание: образцы высохли на 21-е сутки

Паропроницаемость образцов плит стекловолоконистых марок КЛ 34 определяли по методике ГОСТ 25898. Методика предусматривает расположение образцов исследуемого материала над водой (метод «мокрой» чашки). Для исследования использовали образцы, размером 70x70 (мм). Боковые поверхности образцов стекловолоконистых изделий покрывали парафином и устанавливали в верхней части сосуда с водой, на расстоянии полутора сантиметров от поверхности воды. Все щели между боковыми гранями образца и стенками сосуда герметизировали непроницаемым эластичным материалом, после чего сосуд с образцом помещался в термостатичный шкаф, в котором выдерживается температура около 18 °С и относительная влажность около 40%.

Через определенные промежутки времени температуру и относительную влажность воздуха в шкафу измеряли аспирационным психрометром, а образцы вместе с сосудами взвешивали. По результатам взвешивания вычисляли плотность потока водяного пара через образец.

Для расчёта коэффициента паропроницаемости образцов стекловолоконистых изделий использовались полученные значения плотности потока водяного пара через образец, значения упругостей водяного пара в воздухе в пространстве шкафа и в сосуде под образцом, а также толщина и площадь образца. Коэффициент паропроницаемости образцов вычисляли по формуле:

$$\mu = P \delta_o / (S - P R_{ne})$$

где P - количество пара, прошедшего через образец, мг/час Па;

δ_o - толщина образца, м;

S - площадь сечения образца, м²;

R_{ne} - сопротивление паропроницанию воздуха

$$R_{ne} = \delta_e / \mu_e,$$

где δ_e - толщина воздушного слоя (расстояние от уровня воды в испарительной чашке до нижнего основания образца), м;

μ_v - коэффициент паропроницаемости воздуха в приборе, равный 0,135 мг/м час Па.

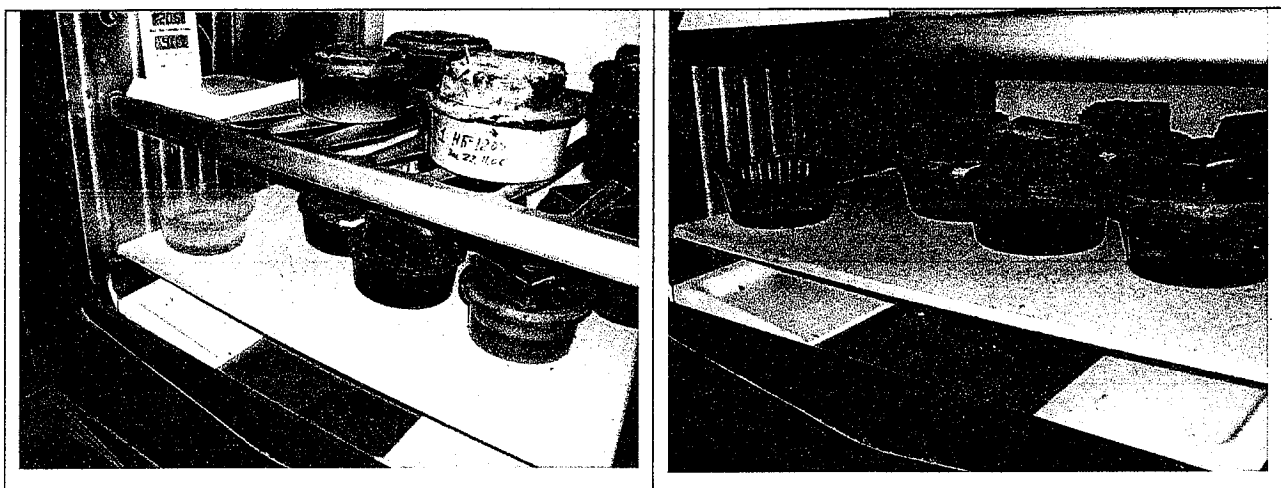


Рис. 1.2. Проведение исследований паропроницаемости образцов плит стекловолоконных KL 34 по методике ГОСТ 25898.

Результаты экспериментальных определений паропроницаемости плит стекловолоконных KL 34 представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3.

Результаты экспериментальных определений паропроницаемости плит стекловолоконных KL 34.

| Наименование материала | Толщина образца, м | Средняя плотность, кг/м ³ | Сопротивление паропроницанию, м ² чПа/мг | Паропроницаемость, мг/мчПа | Коэффициенты паропроницаемости при условиях эксплуатации А, Б, мг/мчПа |
|------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|---|----------------------------|--|
| плиты стекловолоконные марки KL 34 | 0,05 | 21 | 0,098 | 0,520 | 0,55 |
| | 0,05 | 21 | 0,092 | 0,566 | |
| | 0,05 | 20 | 0,093 | 0,557 | |

Значение коэффициента паропроницаемости для плит стекловолоконных KL 34 составило $\mu = 0,55$ мг/мчПа.

2. Определение стойкости плит ISOVER KL-34 к периодическому замораживанию оттаиванию.

Для определения стойкости к периодическому замораживанию оттаиванию подготовлены образцы стекловолоконных плит KL 34 размерами 250x250x50 (мм). Подготовка образцов заключалась в их

предварительном увлажнении, а так же выдерживании 24 часа при частичном погружении в воду по ГОСТ 17177, щелочном растворе (KOH) и цементном молочке по СП 31-111-2004. Образцы имеют следующую маркировку: А) сухие 0%, масс., Б) 5% мас., В) 10% мас., Г) после испытаний на водопоглощение, Д) в щелочном растворе, Ж) в водных составляющих цемента.

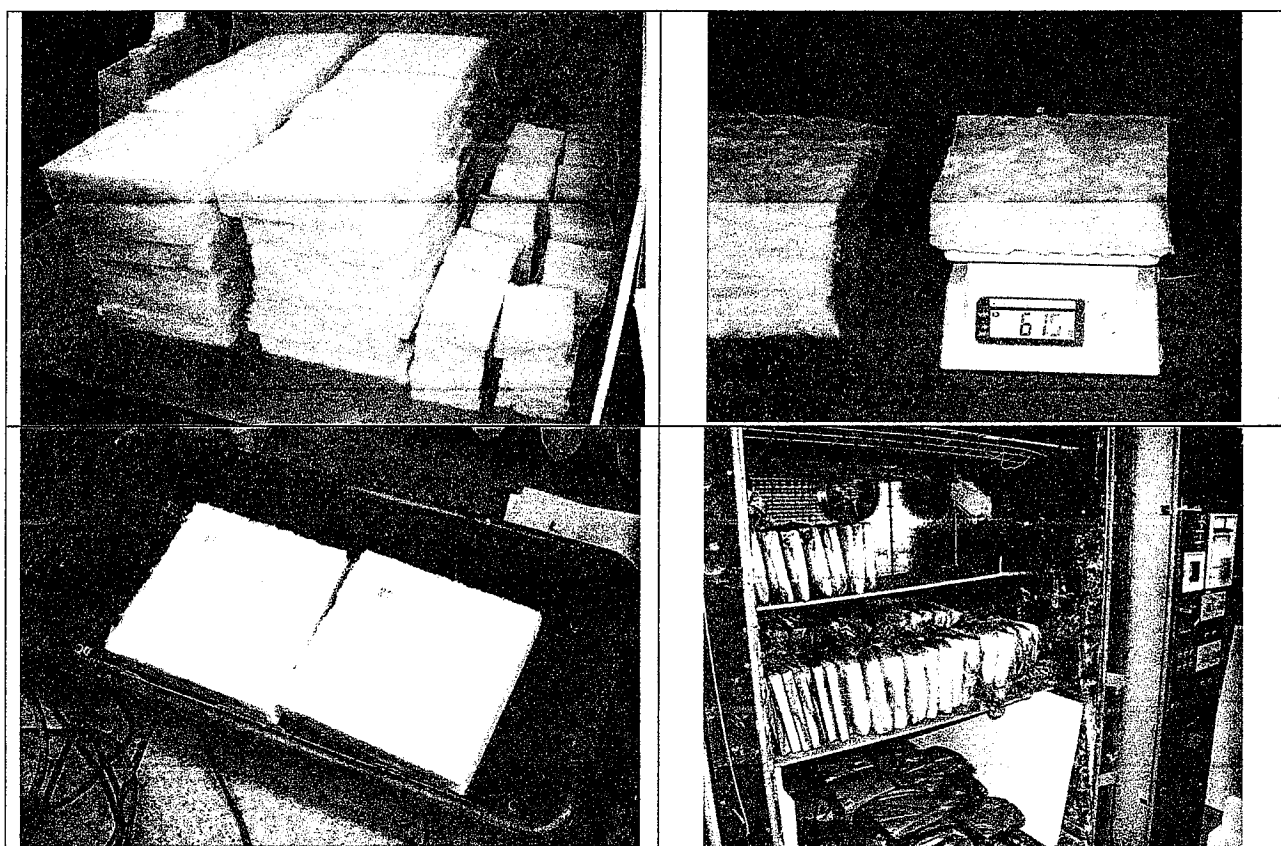


Рис.2.1. Подготовка образцов к проведению испытаний по определению стойкости плит КЛ 34 к периодическому замораживанию и оттаиванию в климатической камере КТК 3000 ПКА.

Циклические воздействия проводились в климатической камере КТК 3000 ПКА, цикл состоял из замораживания при -20°C в течение 3-х часов и оттаивания при $+20^{\circ}\text{C}$ в течение 3-х часов. Всего проведено 136 циклов воздействия попеременного замораживания-оттаивания.

Периодическая оценка проводилась через 50, 100 и 136 циклов. Контролируемыми параметрами являлись: теплопроводность (влажных и высушенных образцов) по ГОСТ 7076, геометрические размеры и физико-механические показатели (сжимаемость, упругость) по ГОСТ 17177.

Оценивалось изменение контролируемых параметров по отношению к образцам, не подвергаемым воздействию периодического замораживания-оттаивания.

Определения сжимаемости и упругости проводили по ГОСТ 17177 путем измерения толщины образца изделия при воздействии сжимающей удельной нагрузки в стандартной последовательности. Образец, имеющий в плане форму квадрата со стороной (100 ± 1) мм, устанавливали на основание прибора, опускали сверху на образец пластину, создавая удельную нагрузку 500 Па, и выдерживали при данной нагрузке 5 мин. После этого по миллиметровой шкале отсчитывали первоначальную толщину образца (h). Далее нагружали образец удельной нагрузкой 2000 Па выдерживали ещё 5 минут и отсчитывали изменение толщины. Далее нагрузку снимали и через 15 мин после снятия нагрузки на поверхность образца повторно опускали пластину, выдерживали в таком положении 5 мин и по шкале индикатора отсчитывали изменение толщины

Сжимаемость $S_{ж}$ в процентах вычисляли по формуле:

$$S_{ж} = (h - h_1/h) 100$$

где h — толщина образца под удельной нагрузкой $500 \pm 7,5$ Па, мм;

h_1 — толщина образца после деформации под удельной нагрузкой 2000 ± 30 Па, мм;

Упругость U в процентах вычисляли по формуле:

$$U = (h_2/h) 100$$

где h_2 — толщина образца после снятия нагрузки 2000 ± 30 Па, мм.

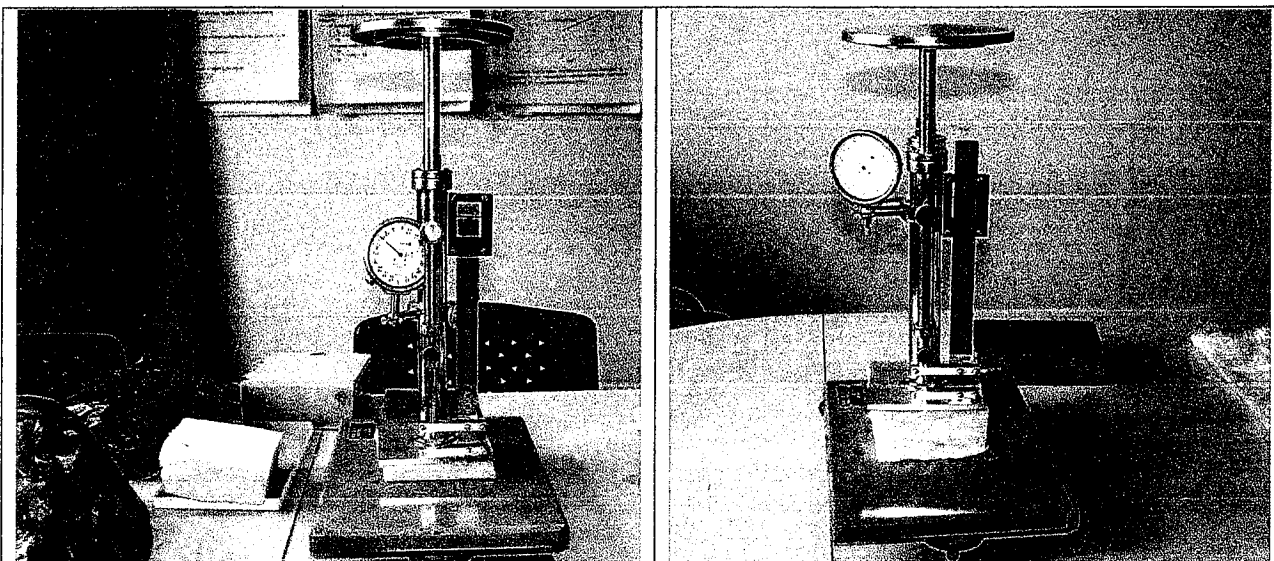


Рис. 2.2. Проведение периодических испытаний образцов плит ISOVER KL 34 по показателям сжимаемость и упругость по ГОСТ 17177.

Результаты экспериментальных определений сжимаемости и упругости образцов плит ISOVER KL 34 приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1.

Результаты экспериментальных определений сжимаемости и упругости КЛ-34

| № | Наименования | № образ. | h мм. | h ₁ мм. | h ₂ мм. | Сжимаемость С _ж % | Упругость У % | С _ж ср. % | У ср. % |
|----|----------------------------------|----------|-------|--------------------|--------------------|------------------------------|---------------|----------------------|---------|
| 1 | Цемент контрольн. | 1 | 27,8 | 16,0 | 26,8 | 42,45 | 96,40 | 42,45 | 95,91 |
| 2 | | 2 | 27,0 | 15,5 | 25,9 | 42,59 | 95,93 | | |
| 3 | | 3 | 26,0 | 15,0 | 24,8 | 42,31 | 95,39 | | |
| 4 | Цемент 50 циклов | 1 | 32,0 | 17,3 | 30,2 | 45,94 | 94,38 | 44,09 | 94,83 |
| 5 | | 2 | 28,0 | 16,2 | 27,0 | 42,14 | 96,43 | | |
| 6 | | 3 | 30,1 | 16,8 | 28,2 | 44,19 | 93,69 | | |
| 7 | Цемент 100 циклов | 1 | 27,2 | 15,5 | 26,0 | 43,01 | 95,59 | 43,63 | 95,18 |
| 8 | | 2 | 29,3 | 16,6 | 28,2 | 43,34 | 96,25 | | |
| 9 | | 3 | 23,8 | 13,2 | 22,3 | 44,54 | 93,70 | | |
| 10 | Щёлочь контрол. | 1 | 25,2 | 14,0 | 24,5 | 44,44 | 97,22 | 44,16 | 97,92 |
| 11 | | 2 | 23,0 | 13,0 | 23,1 | 43,48 | 100,43 | | |
| 12 | | 3 | 25,8 | 14,3 | 24,8 | 44,57 | 96,12 | | |
| 13 | Щёлочь 100 циклов | 1 | 28,2 | 15,9 | 28,1 | 43,62 | 99,65 | 43,12 | 97,40 |
| 14 | | 2 | 26,0 | 15,0 | 25,2 | 42,31 | 96,92 | | |
| 15 | | 3 | 25,1 | 14,2 | 24,0 | 43,43 | 95,62 | | |
| 16 | Контр. КТ34 У (50 мм) | 1 | 26,0 | 15,0 | 25,5 | 42,3 | 98,1 | 43,1 | 99,5 |
| 17 | | 2 | 27,0 | 15,5 | 27,5 | 42,6 | 101,9 | | |
| 18 | | 3 | 26,5 | 14,7 | 26,1 | 44,5 | 98,5 | | |
| 19 | Контр. 50 циклов | 1 | 27,5 | 15,1 | 26,9 | 45,09 | 97,82 | 44,32 | 97,90 |
| 20 | | 2 | 27,0 | 15,2 | 26,5 | 43,70 | 98,15 | | |
| 21 | | 3 | 30,8 | 17,2 | 30,1 | 44,16 | 97,73 | | |
| 22 | Контр. 130 циклов | 1 | 25,6 | 14,1 | 23,8 | 44,92 | 92,97 | 44,80 | 93,27 |
| 23 | | 2 | 29,9 | 16,4 | 27,8 | 45,15 | 92,98 | | |
| 24 | | 3 | 30,9 | 17,2 | 29,0 | 44,34 | 93,85 | | |
| 25 | Водопоглощение 2 часа 130 циклов | 1 | 24,1 | 13,5 | 22,8 | 43,98 | 94,61 | 43,41 | 93,79 |
| 26 | | 2 | 19,0 | 10,8 | 17,8 | 43,16 | 93,68 | | |
| 27 | | 3 | 26,0 | 14,8 | 24,2 | 43,08 | 93,08 | | |
| 28 | Влажность 10 % | 1 | 36,3 | 19,8 | 34,5 | 45,45 | 95,04 | 46,41 | 94,95 |
| 29 | | 2 | 31,5 | 16,8 | 30,1 | 46,67 | 95,56 | | |
| 30 | | 3 | 33,1 | 17,5 | 31,2 | 47,13 | 94,26 | | |

h – толщина образца под удельной нагрузкой $500 \pm 7,5$ Па, мм;h₁ – толщина образца после деформации под удельной нагрузкой (2000 ± 30) Па, мм.h₂ – толщина образца после снятия нагрузки (2000 ± 30) Па, мм

После 130 циклов замораживания-оттаивания образцов, увлажненных водой, щелочным раствором или цементным молочком, установлено, что показатель

сжимаемости плит ISOVER KL 34 практически не изменился, отмечено снижение упругости на 3-5%.

Определения теплопроводности образцов плиты стекловолоконной KL 34 проводили по методике ГОСТ 7076 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности» на установке ИСК-У «Измеритель термического сопротивления строительных материалов». Метод предусматривает создание стационарного теплового потока через образец при фиксированной разности температур на его поверхностях. После достижения стационарного теплового режима измеряли толщину помещенного в прибор образца штангенциркулем с погрешностью не более 0,5 %. Средняя температура образца при испытании 20°С. После окончания испытания определяют массу образца.

Расчёт коэффициента теплопроводности проводили по формуле:

$$\lambda = g\delta/\Delta t,$$

где, λ - коэффициент теплопроводности, Вт/(м К);

g - плотность теплового потока, Вт/м²;

Δt - перепад температур на поверхностях образца, К;

δ - толщина образца, м.

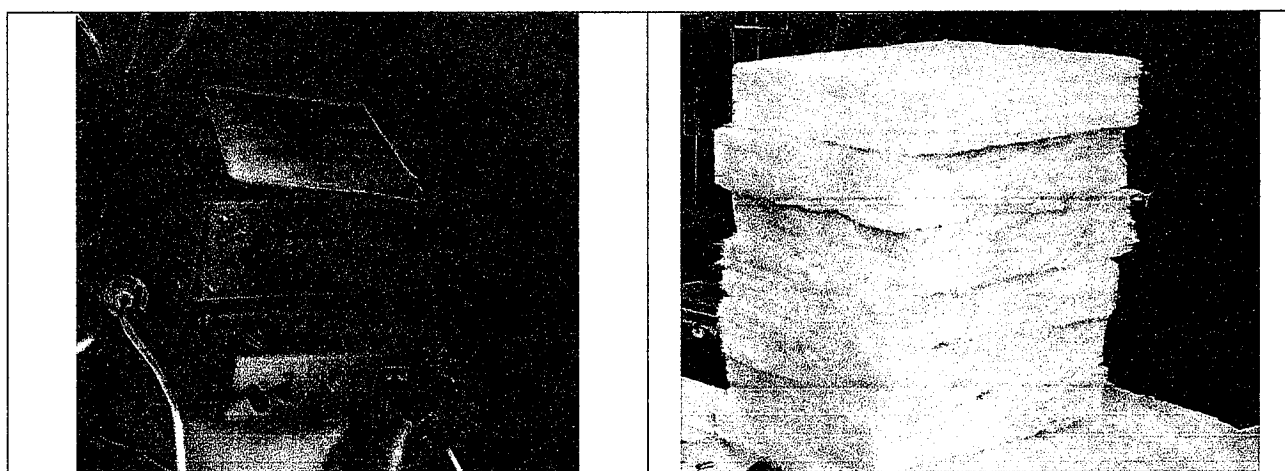


Рис. 2.3. Проведение экспериментальных определений теплопроводности образцов плиты стекловолоконной KL 34 по ГОСТ 7076

В таблице 2.2. представлены значения теплопроводности образцов плит стекловолокнистых КЛ 34.

Таблица 2.2.

Усредненные результаты экспериментальных определений теплопроводности образцов плит стекловолокнистых КЛ 34.

| образец | Теплопроводность, λ_{20} , Вт/(м °С); |
|--|---|
| Контрольный, сухой | 0,036 |
| 100 циклов Контрольный, сухой | 0,036 |
| 136 циклов Контрольный, сухой | 0,036 |
| Контрольный, увлажненный, 5% масс. | 0,043 |
| 100 циклов, предв. увл. до 5% масс. (образцы высохли) | 0,037 |
| 136 циклов, предв.увл. до 5% масс. (образцы высохли) | 0,036 |
| Контрольный, увлажненный, 10% масс. | 0,050 |
| 100 циклов, предв. увл. до 10% масс. (образцы высохли) | 0,036 |
| 136 циклов, предв.увл. до 10% масс. (образцы высохли) | 0,037 |
| 100 циклов, после испытаний на водопоглощение (образцы высохли) | 0,037 |
| 136 циклов после испытаний на водопоглощение (образцы высохли) | 0,037 |
| Контрольный, в щелочном растворе, после высыхания | 0,036 |
| 100 циклов в щелочном растворе, (образцы высохли) | 0,036 |
| 136 циклов в щелочном растворе, (образцы высохли) | 0,035 |
| Контрольный, в водных составляющих цемента, сухой | 0,036 |
| 100 циклов в водных составляющих цемента, (образцы высохли) | 0,037 |
| 136 циклов в водных составляющих цемента, (образцы высохли) | 0,037 |

В процессе проведения испытаний предварительно увлажненные и выдерживавшиеся в щелочном растворе и цементном молочке образцы высыхали и к 100 циклам достигли состояния естественной влажности. Вероятно, поэтому значения теплопроводности экспериментальных образцов на момент проведения определений находились в пределах значений теплопроводности контрольных сухих образцов. Влияния цементного молочка

и щелочного раствора после высыхания образцов не обнаружено. Теплопроводность существенно меняется лишь при увлажнении образцов.

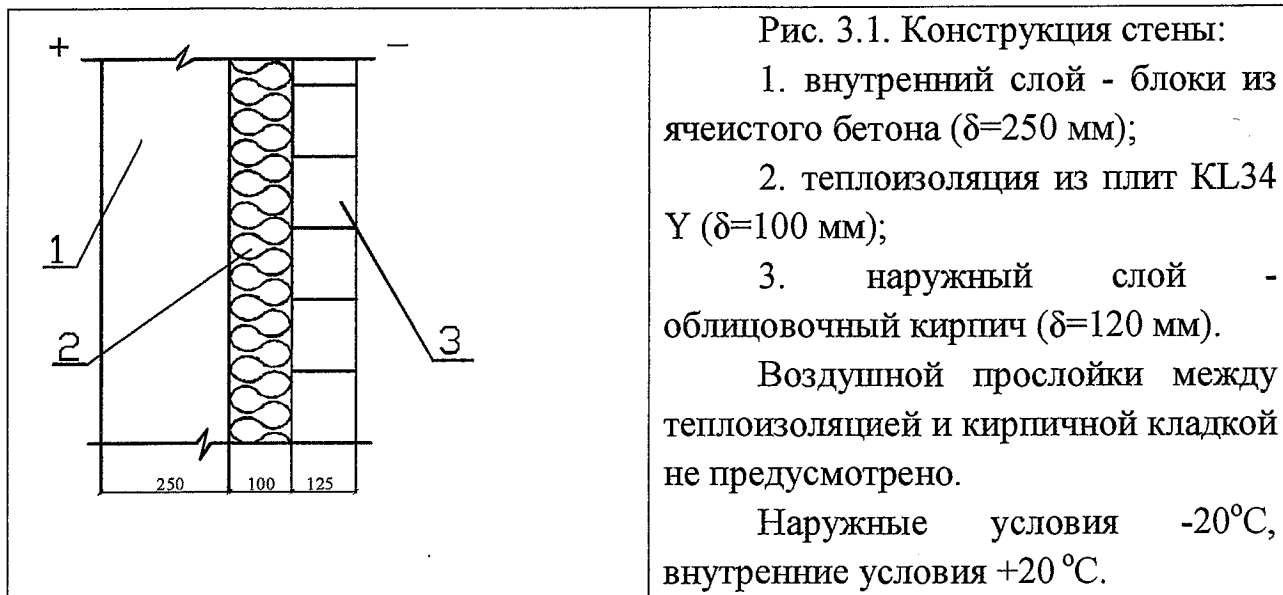
При анализе микрофотографий проб образцов стекловолокнистых плит контрольных и прошедших циклические температурно-влажностные воздействия видимых изменений не обнаружено. Микрофотографии представлены в Приложении (рис.П1 – рис.П2).

Таким образом, получено, что стекловолокнистые плиты ISOVER KL 34 в процессе длительных температурно-влажностных воздействиях сохраняют практически на неизменном уровне свои деформационные (сжимаемость и упругость) и теплофизические свойства. Негативного влияния агрессивных для стекловолокна сред (водный раствор щелочи, водные вытяжки из цемента) на технические характеристики плит стекловолокнистого утеплителя не выявлено.

Приведенные выше данные позволяют сделать вывод, что высокая стабильность эксплуатационных характеристик стекловолокнистых плит ISOVER обеспечивает их эксплуатационный ресурс не менее 50 лет.

3. Экспериментальное определение сопротивления теплопередаче фрагмента конструкции в климатической камере.

Проведены экспериментальные определения сопротивления теплопередаче фрагмента конструкции в климатической камере КТК 3000 ПКА. Целью проведения эксперимента являлась оценка теплозащитных характеристик трехслойной конструкции и состояния плит ISOVER KL 34 в процессе эксплуатационных воздействий.



Процесс возведения фрагмента трехслойной кладки представлен на рис. 3.2

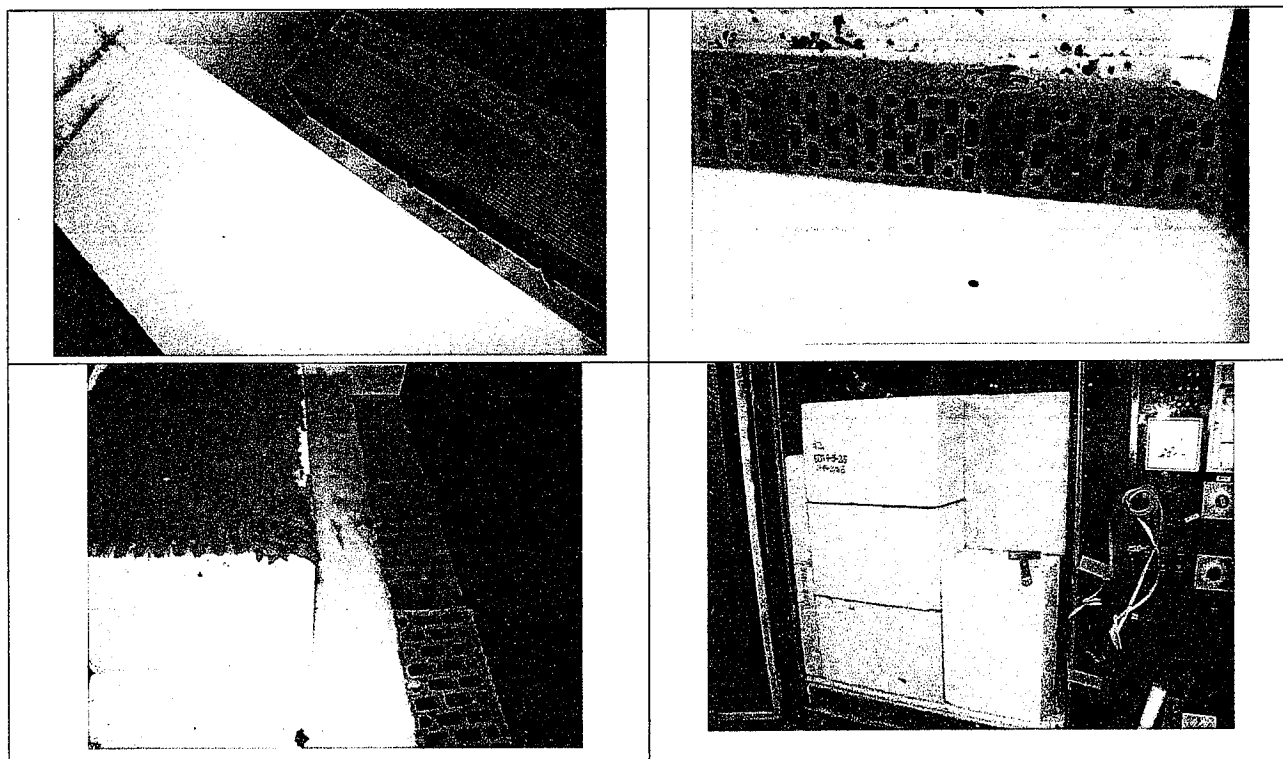


Рис. 3.2. Процесс возведения фрагмента трехслойной кладки с теплоизоляцией из плит ISOVER KL 34 в климатической камере КТК 3000 ПЛКА.

Определение термического сопротивления и эффективной теплопроводности фрагментов кладки каждого вида кирпича проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 7076, ГОСТ 26254, ГОСТ 25380 и ГОСТ 530. Кладку выполняли на цементно-песчаном растворе стандартной

консистенции. После устройства кладки фрагмент выдерживали в условиях помещения испытательного подразделения ($t = 20^{\circ}\text{C}$ и $\phi = 35\%$) в течение 14 суток для обеспечения схватывания кладочного раствора и распределения влаги в материале до равновесного состояния.

После этого на внутренней и наружной поверхностях фрагмента закрепляли датчики температур и тепловых потоков и тщательно теплоизолировали по периметру во избежание потерь тепла при проведении эксперимента.

Фрагмент кладки разделяет камеру на теплую и холодную зоны. На теплой и охлаждаемой поверхностях центрального участка кладки в соответствии с требованиями стандарта закрепляли хромель-копелевые термопары для измерения температуры поверхностей $\tau_{\text{в}}$ и $\tau_{\text{н}}$. При помощи таких же термопар определяли температуру воздуха в теплой и холодной зонах $t_{\text{в}}$ и $t_{\text{н}}$, укрепив их на расстоянии 10 см от поверхности фрагмента с теплой и с холодной стороны. С теплой стороны испытываемой кладки на центральном участке в характерных зонах устанавливали термоэлектрические преобразователи тепловых потоков для измерения плотности теплового потока q , Вт/м² по ГОСТ 25380.

В холодной зоне климатической камеры поддерживалась температура $t_{\text{н}} = -20 \pm 1^{\circ}\text{C}$, температура воздуха в помещении была $t_{\text{в}} = 20 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Измерялись значения температур в центральных зонах кладки, как на охлаждаемой $\tau_{\text{н}}$, так и на «теплой» $\tau_{\text{в}}$ поверхностях фрагмента, а так же значения плотности тепловых потоков q , проходящих через стену, с «теплой» стороны. Значения сопротивления теплопередаче R_0 и эффективной теплопроводности $\lambda_{\text{эф}}$ фрагмента кладки рассчитывались по измеренным значениям $\tau_{\text{н}}$, $\tau_{\text{в}}$, $t_{\text{в}}$, $t_{\text{н}}$ и q для условий стационарного теплового режима.

Продолжительность этапа эксперимента, после включения климатической камеры на пониженную температуру, составила 30 календарных дней.

Расчет эффективной теплопроводности проводили по формуле:

$$\lambda_{\text{эф}} = q\delta/\Delta\tau,$$

где, $\lambda_{\text{эф}}$ - коэффициент теплопроводности, Вт/(м °С);

q - плотность теплового потока, Вт/м²;

$\Delta\tau = \tau_{\text{в}} - \tau_{\text{н}}$ - перепад температур на внутренней и наружной поверхностях фрагмента, °С;

δ - толщина фрагмента, м.

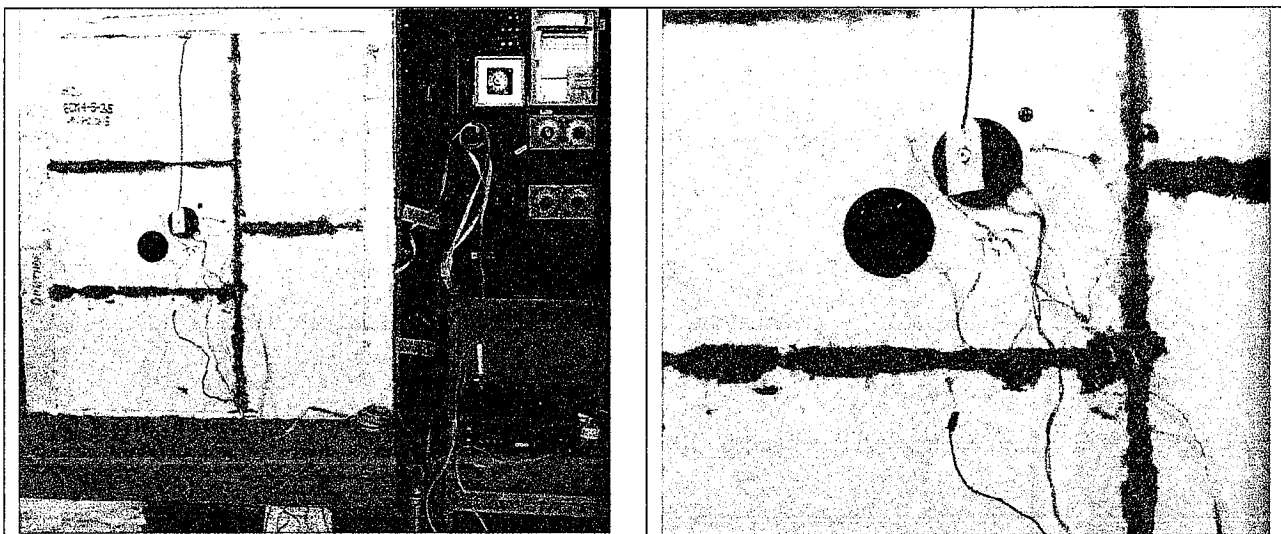


Рис. 3.3. Проведение экспериментальных определений эффективной теплопроводности в слоистой кладке с теплоизоляцией из плит ISOVER KL 34, в климатической камере с определением температур и тепловых потоков.

В расчет принимали значения температур и тепловых потоков при установившемся стационарном тепловом режиме фрагмента стены.

Эффективная теплопроводность испытываемого фрагмента слоистой кладки составила 0,13Вт/(м °С); термическое сопротивление 3,6 м²°С/Вт; сопротивление теплопередаче по «глади» 3,76 м²°С/Вт.

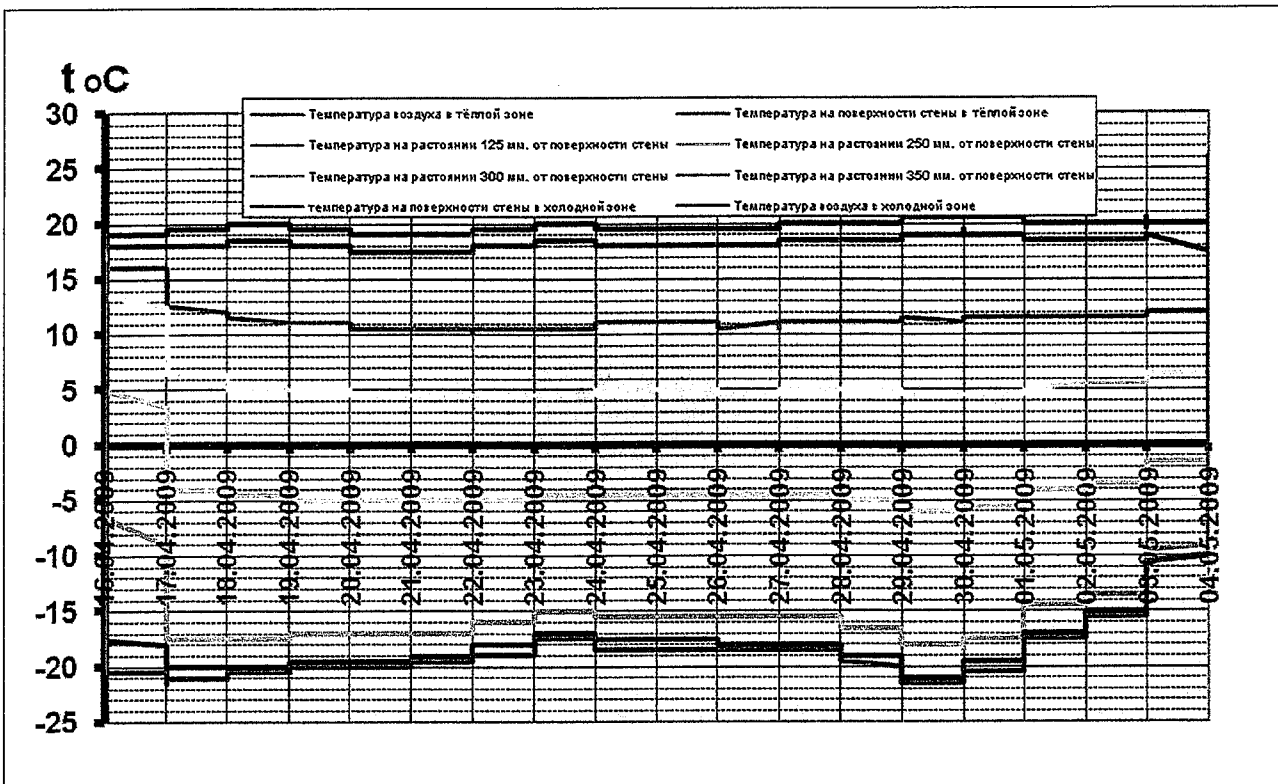


Рис. 3.4. Распределение температур по слоям фрагмента конструкции в процессе проведения эксперимента при установившемся стационарном режиме тепловых потоков.

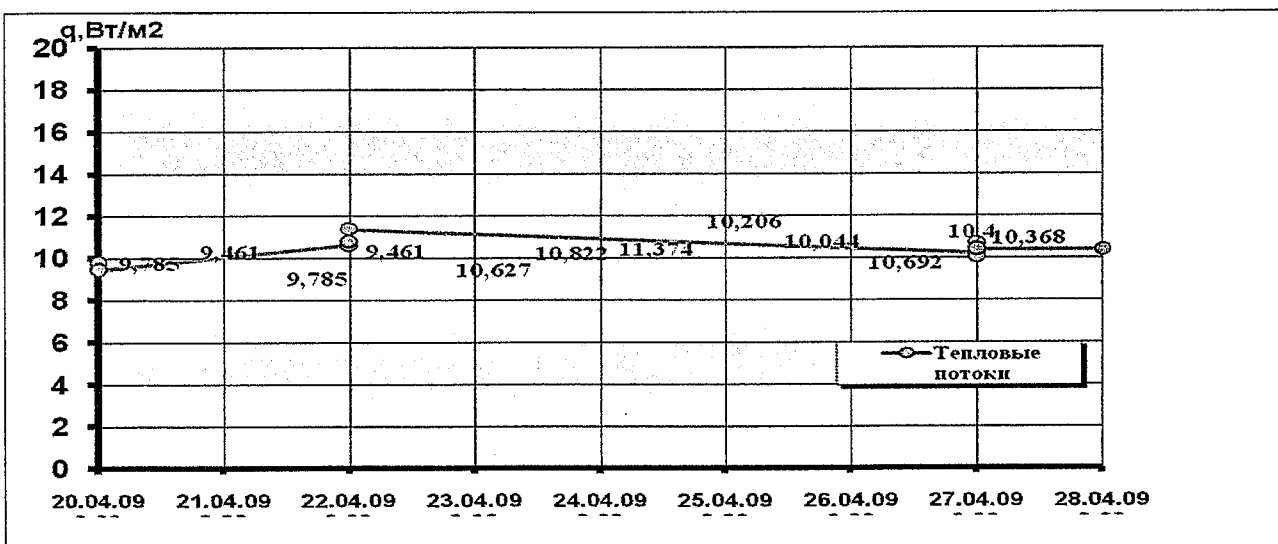


Рис. 3.5. Экспериментальные определения тепловых потоков при установившемся стационарном режиме тепловых потоков фрагмента стены.

По завершении проведения эксперимента в процессе демонтажа фрагмента кладки провели визуальную оценку состояния теплоизоляции из плит ISOVER KL 34. Установлено, что в зоне примыкания плит KL 34 к

облицовочному кирпичу образовалась наледь. Отмечен эффект залипания (примораживание) наружного слоя стекловолоконных плит к внутреннему слою кирпичной кладки. Взяты послойные пробы для определения влажности в слоях конструкции.

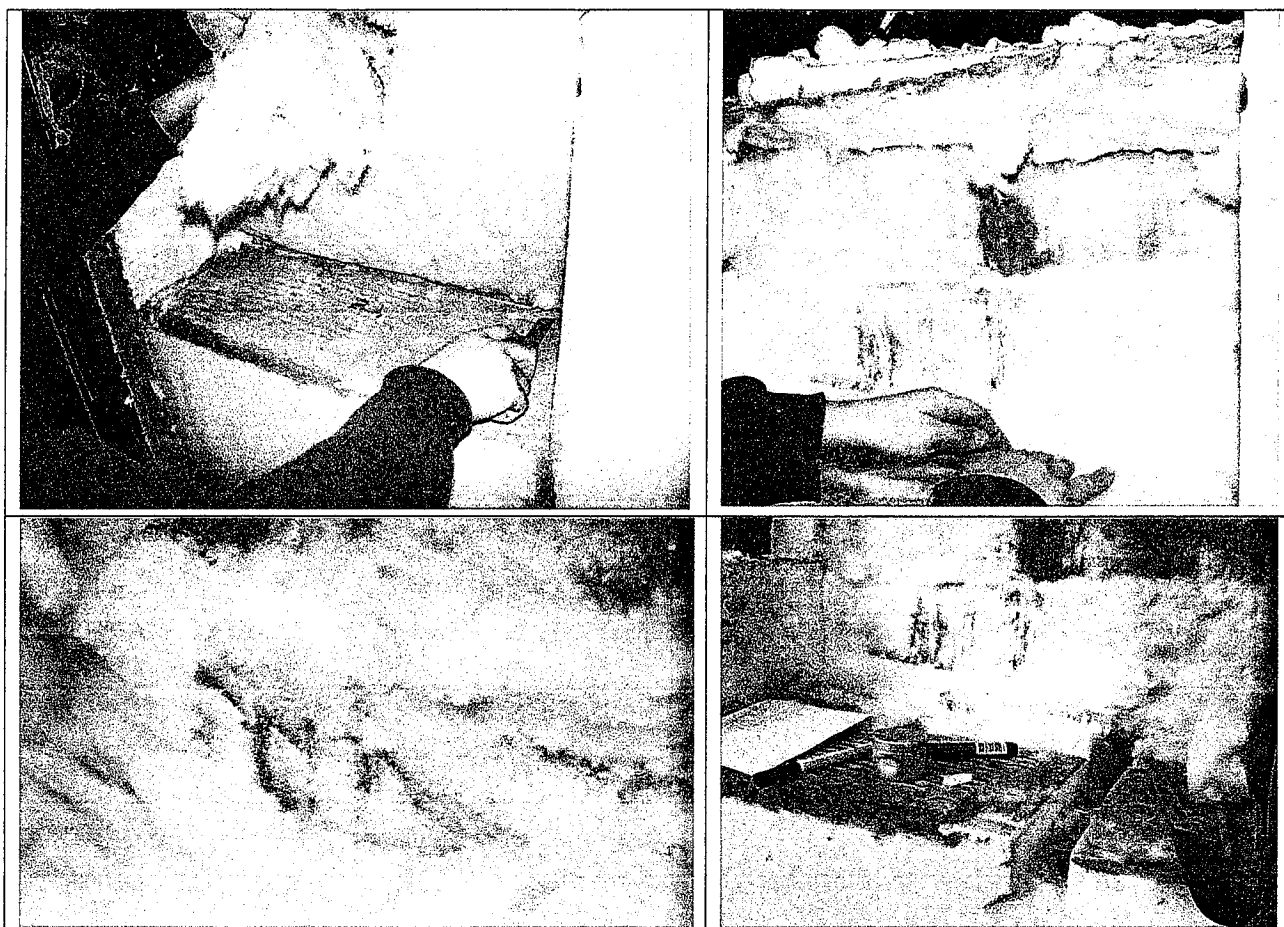


Рис. 3.6. Процесс демонтажа фрагмента слоистой кладки по завершению теплотехнических испытаний. Установлено, что в зоне примыкания плит ISOVER KL 34 к облицовочному кирпичу образовалась наледь. Отмечен эффект залипания (примораживание) наружного слоя стекловолоконных плит к внутреннему слою кирпичной кладки.

Для определения послойной влажности в каждом из использованных материалов фрагмента кладки были отобраны пробы материалов, уложены в металлические бюксы и проведены взвешивания после отбора и после высушивания до постоянной массы. Сушка образцов производилась при температуре 100°C.

Значения послойной влажности по толщине фрагмента кладки после проведения испытаний в климатической камере представлены в таблице 3.1. и на рис. 3.6.

Таблица 3.1.

Значения послойной влажности материалов испытываемой конструкции по толщине фрагмента кладки

| № | Наименование материала, зона отбора пробы от внутренней поверхности кладки. | Масса образца гр. | Масса сухого образца гр. | Влажность по массе % |
|---|---|-------------------|--------------------------|----------------------|
| 1 | Ячеистый бетон, 0 – 50 мм | 24,18 | 23,7 | 2,03 |
| 2 | Ячеистый бетон, 123 – 128 мм. | 23,73 | 22,3 | 6,41 |
| 3 | Ячеистый бетон, 245 - 250 мм. | 24,05 | 22,89 | 5,07 |
| 4 | KL 34, 1 слой 250 – 284 мм. | 1,39 | 1,35 | 2,96 |
| 5 | KL 34, 2 слой 284 -317мм. | 1,26 | 1,22 | 3,28 |
| 6 | KL 34, 3 слой 317– 350 мм. | 2,66 | 1,39 | 91,37 |
| 7 | Кирпич внутр. поверхн. | 35,70 | 34,73 | 2,76 |
| 8 | Кирпич середина | 36,82 | 36,19 | 1,74 |
| 9 | Кирпич наружн. поверхн. | 34,11 | 33,95 | 0,47 |



Влажность слоя стекловолокнистой плиты ISOVER KL 34 в зоне примыкания к кирпичной кладке составила до 92% масс.

Для уточнения интегральной влажности кирпича, был отобран один целый кирпич из центральной зоны кладки и высушен до постоянной массы. Влажность кирпича составила 2,5% масс.

Таким образом, переувлажнение теплоизоляционного слоя ISOVER KL 34 в конструкции слоистой кладки происходит в тонком слое, непосредственно прилегающем к внутренней поверхности наружной кирпичной кладки, на которой и происходит конденсация влаги. Такое явление не связано с природой волокна утеплителя и будет наблюдаться в случае использования любого другого типа волокнистого утеплителя, в том числе и на основе каменных пород.

Важно отметить, что проникновение конденсирующейся влаги в глубинные слои стекловолокнистого утеплителя ISOVER KL 34 не происходит, что хорошо коррелируется с результатами исследования влагопоглощения утеплителя при частичном погружении, когда увлажнение образца происходило только на уровне зеркала воды.

4. Исследование технической фиксации и формостабильности минераловатных утеплителей.

Проведены экспериментальные определения сохранения номинальных размеров (формостабильности), технической фиксации (сползаемости) стекловолокнистых плит ISOVER KL 34 на фрагменте стеновой конструкции в сопоставлении с плитами аналогичного назначения на основе минерального волокна. Для проведения работ по исследованию стойкости к попеременным температурно-влажностным и вибрационным воздействиям подготовлены образцы размером в плане 1000x500 (мм). Испытания проводили в холодильно-дождевальном устройстве «Термоизоляция ХДУ-0,2» (свид. пов. №12674 ФГУ РОСТЕСТ-МОСКВА) по согласованной методике.

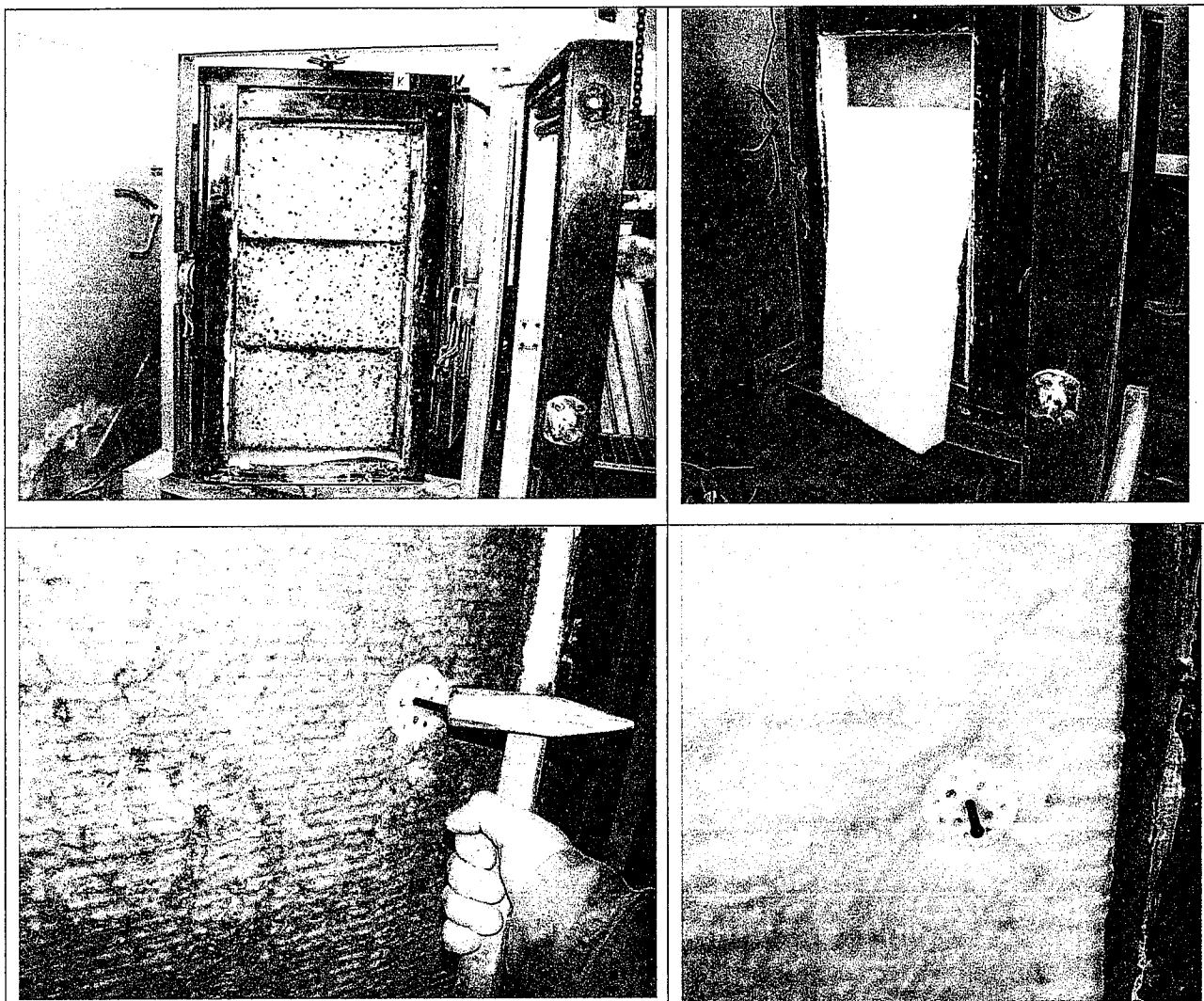


Рис.4.1. Подготовка к проведению эксперимента по сохранению номинальных размеров, технической фиксации (сползаемости) стекловолокнистых плит ISOVER KL 34 в сопоставлении с плитами аналогичного назначения на основе минерального волокна на фрагменте стеновой конструкции при циклических воздействиях в камере «ХДУ-0,2»



Рис. 4.2. Образцы подготовлены к проведению циклических воздействий. Образцы закреплены тарельчатыми дюбелями к керамзитобетонным плитам, которые расположены в центре поворотной обоймы. Образцы плотно прижаты к верхней стенке поворотной обоймы, слева, справа и снизу образцы не прикасаются к стенкам.

Цикл испытаний состоял из замораживания до -20°C в течение 3-х часов, оттаивания при нагревании инфракрасными лампами в течение 2 ч 45 мин, вибрации и орошения поверхности фрагмента водой комнатной температуры. Поскольку плотность испытываемых материалов составляла для стекловолоконистых плит около 19 кг/м^3 , для каменноватных плит – около 45 кг/м^3 , в методике было принято при орошении поверхности использовать расход воды для стекловатных плит 40 гр (80 гр/м^2), для минераловатных – 80 гр (160 гр/м^2). Распыление воды производили ручным пульверизатором равномерно по поверхности плит в течении 15 минут. В этот же период поворотная обойма подвергалась вибрационным воздействиям. После замораживания обойма с охлажденным образцом разворачивалась в теплую зону и плита подвергалась нагреванию посредством облучения. При этом температура поверхности плит стекловолоконистых достигала $+30+33^{\circ}\text{C}$, минераловатных $+47+50^{\circ}\text{C}$, это может быть объяснено различием плит в цвете, поскольку минераловатные плиты имеют более темную поверхность. Таким образом, проведено 140 циклов периодического воздействия

температур, увлажнения и вибрации. Дальнейшие испытания плит заключались в вибрационном воздействии по 3 часа каждый рабочий день (т.е. пять дней в неделю) в течение трех месяцев.

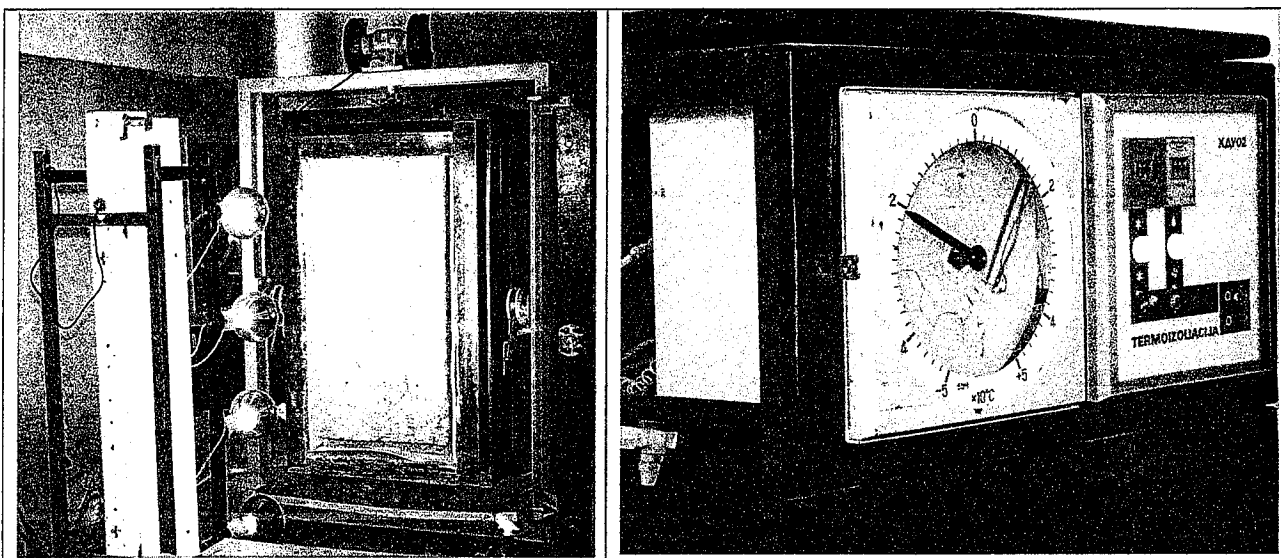


Рис. 4.3. Проведение циклических воздействий на образцы плит на установке «Термоизоляция ХДУ-0,2». Цикл испытаний состоял из замораживания, нагревания под инфракрасными лампами, вибрации и орошения поверхности фрагмента водой.



Рис. 4.4. Внешний вид плит спустя 50 циклов воздействий. На каменноватной плите отмечено нарушение поверхности, появление несквозных трещин и каверн, образовавшихся вероятно за счет вымывания корольков. На стекловолоконной плите отмечено некоторое увеличение складки между крепежными элементами.

Спустя 50 циклов периодических воздействий отмечено изменение внешнего вида образцов и до 140-го цикла дополнительных изменений не обнаружено. После 140 циклов воздействия эксперимент продолжался в части изучения влияния вибрации на испытываемые плиты. Замеры колебаний поворотной обоймы производили виброметром типа VU-034. Амплитуда колебаний составила: вертикальная составляющая – 13-13 мкм, горизонтальная составляющая – 30-35 мкм. Виброскорость – 1,8-3,3 мм/сек, виброускорение 2,1- 2,8 м/сек², частота -14-15 колебаний в секунду.



Рис. 4.5. Замеры колебаний поворотной обоймы производили виброметром типа VU-034

Контроль качества образцов стекловолокнистых плит и плит на основе минерального волокна осуществляется визуально с фотофиксацией изменения внешнего вида, а так же замеров посредством измерительных инструментов номинальных размеров плит. Процесс проведения периодических замеров в контрольных точках толщин плит и расположения их граней по отношению к боковым и нижней стенкам поворотной обоймы климатокамеры представлен на рис. 4.6.



Рис. 4.6. Процесс проведения периодических замеров толщин плит и расположения их граней по отношению к боковым и нижней стенкам поворотной обоймы климатокамеры «ХДУ-02»

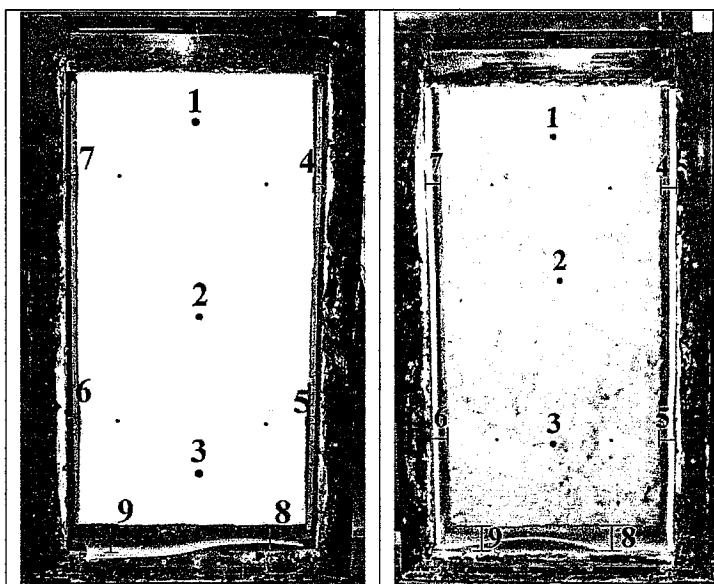


Рис. 4.7. Расположение контрольных точек, в которых производились периодические замеры толщин плит и ширины зазора по отношению к боковым и нижней стенкам поворотной обоймы.

Результаты замеров представлены в таблицах 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1.

Результаты замеров контрольных точек в процессе проведения эксперимента на стекловолоконной плите ISOVER KL 34

| № | Дата и время | Контрольные точки на испытываемых образцах мм. | | | | | | | | |
|----|----------------|--|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 29.01.09 10:00 | 100,0 | 102,0 | 100,0 | 22,5 | 28,0 | 28,0 | 26,5 | 50 | 60 |
| 2 | 04.02.09 14:45 | 102,0 | 102,0 | 101,0 | 22,2 | 26,5 | 28,0 | 26,0 | 50 | 60 |
| 3 | 09.02.09 13:15 | 102,0 | 105,0 | 103,0 | 22,5 | 27,0 | 27,0 | 25,0 | 50 | 60 |
| 4 | 11.02.09 12:30 | 103,0 | 105,5 | 104,5 | 22,0 | 26,5 | 27,5 | 24,0 | 53 | 64 |
| 5 | 26.02.09 12:45 | 104,5 | 106,6 | 105,1 | 22,33 | 26,2 | 28,0 | 25,2 | 55 | 62 |
| 6 | 02.03.09 14:00 | 104,8 | 106,5 | 105,8 | 22,7 | 26,0 | 28,5 | 26,1 | 55 | 61 |
| 7 | 10.03.09 12:30 | 105,0 | 106,8 | 106,2 | 23,0 | 27,0 | 28,0 | 25,5 | 54 | 61 |
| 8 | вибрация | | | | | | | | | |
| 9 | 13.03.09 15:00 | 105,1 | 107,2 | 106,0 | 22,7 | 27,3 | 28,9 | 26,9 | 55,0 | 62,0 |
| 10 | 26.03.09 12:00 | 105,2 | 107,3 | 105,6 | 21,7 | 27,3 | 30,7 | 26,5 | 55,0 | 62,0 |
| 11 | 08.04.09 16:00 | 105,5 | 106,9 | 106,2 | 23,0 | 27,2 | 27,8 | 27,5 | 55,0 | 61,0 |
| 12 | 11.06.09 11:00 | 105,8 | 106,5 | 105,2 | 22,5 | 27,7 | 27,6 | 27,5 | 55,0 | 60,0 |
| 13 | 02.07.09 16:00 | 104,5 | 106,9 | 105,6 | 23,3 | 27,7 | 28,6 | 26,9 | 56,0 | 61,0 |
| 14 | 03.07.09 12:00 | 105,3 | 106,5 | 104,3 | 23,6 | 28,2 | 27,8 | 26,1 | 54,0 | 61,0 |
| | | | | | | | | | | |

Таблица 4.2.

Результаты замеров контрольных точек в процессе проведения эксперимента на минераловатной плите на основе каменных пород.

| № | Дата и время | Контрольные точки на испытываемых образцах мм. | | | | | | | | |
|----|----------------|--|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 29.01.09 10:00 | 99,2 | 98,0 | 99,0 | 31,0 | 35,0 | 37,0 | 33,0 | 50,0 | 50,0 |
| 2 | 06.02.09 11:45 | 99,0 | 98,5 | 98,0 | 32,0 | 34,0 | 37,0 | 32,0 | 50,0 | 50,0 |
| 3 | 11.02.09 15:40 | 99,2 | 99,5 | 99,5 | 31,0 | 32,5 | 36,8 | 32,0 | 58,0 | 52,0 |
| 4 | 17.02.09 09:30 | 99,5 | 99,5 | 99,8 | 30,2 | 33,8 | 37,0 | 32,1 | 58,0 | 53,0 |
| 5 | 19.02.09 10:45 | 100,9 | 100,3 | 99,7 | 31,3 | 35,8 | 37,5 | 34,0 | 56,0 | 54,0 |
| 6 | 02.03.09 10:45 | 100,8 | 100,6 | 99,7 | 31,1 | 35,4 | 37,5 | 33,8 | 55,0 | 54,0 |
| 7 | 10.03.09 10:00 | 100,9 | 100,5 | 99,8 | 31,5 | 35,3 | 38,5 | 34,2 | 54,0 | 54,0 |
| 8 | вибрация | | | | | | | | | |
| 9 | 13.03.09 15:00 | 101,3 | 100,7 | 100,3 | 31,2 | 35,3 | 37,7 | 34,1 | 54,0 | 53,0 |
| 10 | 26.03.09 12:00 | 101,0 | 100,6 | 100,3 | 31,5 | 35,2 | 38,0 | 34,0 | 54,0 | 54,0 |
| 11 | 08.04.09 16:00 | 101,0 | 100,7 | 100,4 | 31,6 | 35,3 | 37,7 | 34,1 | 53,0 | 57,0 |
| 12 | 11.06.09 11:00 | 100,9 | 100,6 | 99,8 | 31,9 | 36,4 | 38,1 | 34,0 | 51,0 | 54,0 |
| 13 | 02.07.09 16:00 | 100,9 | 100,3 | 100,2 | 31,4 | 35,8 | 37,5 | 33,5 | 52,0 | 53,0 |
| 14 | 03.07.09 12:00 | 100,9 | 100,5 | 100,3 | 30,9 | 35,6 | 38,5 | 32,4 | 54,0 | 53,0 |
| | | | | | | | | | | |

Экспериментальные данные показали высокую надежность технической фиксации обоих типов исследованных минераловатных плит.

Стекловолокнистые плиты ISOVER KL 34 обладают высокой устойчивостью к разрушающим воздействиям и хорошей формостабильностью.

В случае каменноватных плит отмечена их склонность последних к образованию на поверхности плит несквозных трещин и каверн, что связано с выпадением неволоконистых включений в результате температурно-влажностных и вибрационных воздействий.

5. Теплотехнические расчеты ограждающих конструкций с теплоизоляционным слоем из стекловолокнистых плит ISOVER KL 34 для различных регионов Российской Федерации.

Цель проведения расчетов – определение вариантов конструкций с допустимым влажностным состоянием материалов конструкций для заданных климатических и эксплуатационных условий.

Рассматриваются следующие варианты стеновых конструкций:

1. Облицовочный кирпич ($d = 120$ мм), теплоизоляция ISOVER KL 34, бетон ячеистый 800 кг/м^3 ($d = 250$ мм);
2. Облицовочный кирпич ($d = 120$ мм), теплоизоляция ISOVER KL 34, кирпичная кладка 1800 кг/м^3 ($d = 380$ мм);
3. Облицовочный кирпич ($d = 120$ мм), теплоизоляция ISOVER KL 34, железобетон ($d = 200$ мм).

Представлены результаты проведенных исследований по выбору требуемой толщины теплоизоляции и прогнозированию влажностного режима вариантов стеновых конструкций для различных климатических регионов РФ в холодный период года.

Толщина теплоизоляции наружной стеновой конструкции рассчитывается исходя из нормируемого значения сопротивления теплопередаче R_{req} , определяемого по табл. 4 СНиП 23-02-2003 [1] в зависимости от градусо-суток района строительства. Рассчитаны значения нормируемого сопротивления теплопередаче R_{req} для зданий двух категорий:

1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития;
2. Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые и производственные и здания и помещения.

Полученные значения R_{req} представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1.

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче наружных стен.

| Район строительства | Группа зданий | Нормируемое сопротивление теплопередаче, R_{req} , $m^2 \cdot C / W$ | Градусо-сутки, $^{\circ}C \cdot сут$ |
|---------------------|---------------|--|--------------------------------------|
| Москва | 1 | 3,15 | 5027 |
| | 2 | 2,55 | 4520 |
| Новосибирск | 1 | 3,7 | 6606 |
| | 2 | 3,04 | 6140 |
| Владивосток | 1 | 3,15 | 4985 |
| | 2 | 2,49 | 4300 |
| Санкт-Петербург | 1 | 3,08 | 4800 |
| | 2 | 2,51 | 4360 |
| Ростов-на-Дону | 1 | 2,63 | 3520 |
| | 2 | 2,07 | 3180 |
| Краснодар | 1 | 2,34 | 2680 |
| | 2 | 1,75 | 2380 |
| Екатеринбург | 1 | 3,49 | 5980 |
| | 2 | 2,85 | 5520 |
| Нижний Новгород | 1 | 3,21 | 5180 |
| | 2 | 2,63 | 4750 |

Далее проведены расчеты температурно-влажностного режима наружных стеновых конструкций с теплоизоляцией из стекловолокнистых плит ISOVER KL 34 для регионов Москвы и Московской области, Новосибирска и Владивостока.

При расчете термического сопротивления слоев конструкции коэффициент теплопроводности принимался по таблице 5.3.

Полученные в результате расчета минимальные значения толщины теплоизоляции из плит ISOVER KL 34, обеспечивающих необходимый уровень теплозащиты (согласно табл. 5.1.), указаны для заданных стеновых конструкций и районов строительства в табл. 5.2.

Таблица 5.2.

Толщина теплоизоляции из стекловолокнистых плит ISOVER KL 34 конструкций наружных стен для выбранных районов строительства

| Район строительства | № | Конструкция стены | Толщина теплоизоляции, мм | Сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2\text{С/Вт}$ |
|------------------------|---|---|---------------------------------|--|
| Москва | 1 | Облиц. кирпич + бетон ячеистый | 75 | 3.477 |
| | 2 | Облиц. кирпич + кирпичная кладка | 75 | 3.262 |
| | 3 | Облиц. кирпич + железобетон (200мм) | 100 | 3.600 |
| Новосибирск | 4 | Облиц. кирпич + бетон ячеистый | 100 | 4.258 |
| | 5 | Облиц. кирпич + кирпичная кладка | 100 | 4.043 |
| | 6 | Облиц. кирпич + железобетон (200мм) | 125 | 4.382 |
| Владивосток | 1 | Облиц. кирпич + бетон ячеистый | 75 | 3.477 |
| | 2 | Облиц. кирпич + кирпичная кладка | 75 | 3.262 |
| | 3 | Облиц. кирпич + железобетон (200мм) | 100 | 3.600 |

Из табл. 5.2 видно, что обеспечивают необходимый уровень теплозащиты в соответствующих районах строительства все 6 конструкций наружной стены, обозначенных соответствующими номерами.

Исходные данные для расчета влажностного состояния стеновых конструкций.

Приняты следующие граничные условия при моделировании теплопередачи и влагообмена.

Коэффициенты теплоотдачи на внутренних и наружных поверхностях конструкции задавались согласно СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»: 8,7 Вт/(м²°С) и 23 Вт/(м²°С) соответственно.

Температура внутреннего воздуха в помещении +20 °С и относительная влажность внутреннего воздуха $\varphi = 55\%$.

Коэффициенты влагообмена на внутренних и наружных поверхностях конструкции приняты:

38 мг/(м²чПа) и 75 мг/(м²чПа) соответственно.

Среднемесячные значения температуры и влажности наружного воздуха района строительства задавались по СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».

Данные по изотерме сорбции и влагопроводности для кирпичной кладки, ячеистого бетона и железобетона взяты из Руководства [4], а для стекловолоконных плит ISOVER KL 34 – по результатам исследований лаборатории НИИСФ.

Расчетные характеристики материалов стеновых конструкций указаны в таблице 5.3.

Таблица 5.3.

Расчётные значения характеристик материалов стеновых конструкций.

| Материал | Влажность, % масс. | Теплопроводность, Вт/(м°С) | Паропроницаемость, мг/(мчПа) | Источник данных |
|--|--------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------|
| Стекловолоконные плиты KL 34 | 4.2 | 0,042 | 0,55 | Лаб. НИИСФ |
| | 6.3 | 0,044 | | |
| Кирпичная кладка (1800 кг/м ³) | 1 | 0.70 | 0,11 | СП 23-101-2004 |
| | 2 | 0.81 | | |

| | | | | |
|---|----|------|------|-------------------|
| Бетон ячеистый (800 кг/м ³) | 10 | 0.33 | 0,14 | То же |
| | 15 | 0.37 | | |
| Железобетон (2500 кг/м ³) | 2 | 1.92 | 0,03 | То же |
| | 3 | 2.04 | | |
| Кирпич облиц. пустотелый, (1400 кг/м ³) | 1 | 0.49 | 0,13 | ГОСТ 530- 2007 |
| | 2 | 0.55 | | |

Результаты и анализ

Влажностное состояние конструкций наружных стен оценивалось по результатам расчета температурно-влажностного квазистационарного режима конструкций на 4-ом году эксплуатации по программе Wet1D [2].

Наиболее важные результаты расчетов представлены в таблице 5.4, где даны значения наибольшей за период влагонакопления средней и максимальной влажностей слоев конструкций, а также приращение средней массовой влажности наружного (облицовочный пустотелый кирпич) и теплоизоляционного (плиты KL 34) слоев за этот же период.

Таблица 5.4.

Результаты расчета влажностного состояния материалов слоев стеновых конструкций.

| Район строительства | Конст- рукция стены (по табл. 5.2) № | Наибольшая средняя/макс. влажность слоев конструкции (от наружного слоя к внутреннему), % | | | Приращение влаги в наружном и изоляционном слоях, % | Минимальное сопротивление теплопередаче в холод. период, м ² °C/Вт |
|------------------------|---|--|----------|---------|---|--|
| | | 5.2/10 | 43.6/200 | 8.2/12 | | |
| Москва | 1 | 5.2/10 | 43.6/200 | 8.2/12 | 4.5; 42.5 | 3.155 |
| | 2 | 1.9/3.2 | 1.4/6.8 | 0.2/0.4 | 1.5; 1.0 | 3.697 |
| | 3 | 1.3/2.0 | 1.0/5.6 | 0.7/1.2 | 0.8; 0.6 | 4.100 |

| | | | | | | |
|-------------|---|---------|----------|---------|------------|-------|
| Новосибирск | 4 | 2.0/2.5 | 107/340 | 4.8/5.5 | 1.5; 106.5 | 3.444 |
| | 5 | 1.4/2.5 | 1.1/7.0 | 0.1/0.2 | 1.0; 0.6 | 4.631 |
| | 6 | 1.4/2.6 | 1.0/6.5 | 0.5/0.7 | 1.0; 0.5 | 4.994 |
| Владивосток | 1 | 3/6 | 35.5/156 | 5.2/7.0 | 2.5; 35 | 3.263 |
| | 2 | 1.2/2.6 | 1.0/4.5 | 0.1/0.3 | 0.8; 0.5 | 3.756 |
| | 3 | 1.1/2.0 | 1.0/5.4 | 0.5/0.7 | 0.6; 0.5 | 4.121 |

Примеры полученных в результате расчетов распределений влажности материалов и температуры в исследуемых конструкциях приведены в Приложении (рис.П3 – рис.П11).

В результате проведенных расчетов выявлено недопустимо высокое согласно требованиям СНиП 23-02-2003 приращение средней массовой влажности наружного (облицовочный пустотелый кирпич) и теплоизоляционного (плиты ISOVER KL 34) слоев за период влагонакопления в конструкциях №1 и №4 (табл. 2) с применением ячеистого бетона в качестве внутреннего конструкционного слоя для всех рассмотренных районов строительства. Влажностный режим остальных конструкций при заданных условиях эксплуатации может рассматриваться как благоприятный: приращение средней массовой влажности не превышает 1%, а максимальная влажность теплоизоляционного слоя не превышает максимальной сорбционной влажности материала.

В результате проведенных расчетов температурно-влажностного режима конструкций наружных стен для заданных регионов РФ (Москва, Новосибирск и Владивосток) установлено:

1. Наличие неблагоприятного влажностного режима конструкций с применением ячеистого бетона в качестве внутреннего конструкционного слоя для всех районов строительства. В частности, недопустимо высокое согласно требованиям СНиП 23-

02-2003 приращение средней массовой влажности наружного (облицовочный пустотелый кирпич) и теплоизоляционного (плиты ISOVER KL 34) слоев за период влагонакопления. Такая конструкция наружной стены не может быть рекомендована для строительства в указанных районах без дополнительных мер по повышению её сопротивления паропроницанию.

2. Влажностный режим остальных исследованных конструкций с применением кирпичной кладки или железобетона в качестве конструкционного слоя и стекловолоконных плит ISOVER KL 34 в качестве теплоизоляционного слоя при заданных условиях эксплуатации может рассматриваться как благоприятный, и конструкции могут быть рекомендованы к применению в указанных районах строительства.

ВЫВОДЫ

1. В соответствии с условиями договора №12700 от 25 декабря 2008 г. в лаборатории НИИСФ РААСН проведены работы по исследованию функциональных качеств теплоизоляционных плит ISOVER KL 34, производства ООО «Сен-Гобен Строительная Продукция Рус», а также проведены экспериментальные определения и теплотехнические расчеты наружных ограждающих конструкций на примере слоистой конструкции наружной стены с применением стекловолокнистой теплоизоляции ISOVER.

2. Исследование сорбционных свойств изделий марок ISOVER KL 34 выявило практическое отсутствие гистерезиса, т.е. изотермы десорбции очень близки или совпадают с изотермами сорбции.

3. Значение коэффициента паропроницаемости для плит стекловолокнистых ISOVER KL 34 составило $\mu = 0,55$ мг/мчПа.

4. Исследование водопоглощения образцов стекловолокнистых изделий на примере марки ISOVER KL 34 показало, что при частичном погружении в воду, увлажняются слои на уровне зеркала воды, в слои выше уровня воды влага практически не перемещается. За первые 15 минут частичного погружения образец набирает около 90% воды по массе, за 24 часа около 700% по массе. Высыхание образцов происходит достаточно интенсивно как при повышенной (+50 °C), так и при комнатной температуре. Образцы, увлажняемые 24 часа восстановили свою массу за трое суток. Отмечено, что высыхание образцов так же происходило и при пониженной температуре (-4°C), образцы, увлажненные до 90% высыхали за 2-е суток, увлажненные до 160% высыхали на 4-е сутки, увлажненные до 220% высыхали на 5-е сутки, увлажненные до 700% высыхали на 21-е сутки.

5. Проведено определение стойкости плит ISOVER KL 34 к периодическому замораживанию-оттаиванию. После 130 циклов замораживания-оттаивания установлено, что показатель сжимаемости плит ISOVER KL 34 практически не изменился, отмечено снижение упругости на

3-5%. Теплопроводность существенно меняется при увлажнении образцов и полностью восстанавливается после высыхания. Негативного влияния на технические характеристики теплоизоляционных плит ISOVER KL 34 цементного молочка и щелочного раствора не обнаружено.

6. Проведены экспериментальные определения сохранения номинальных размеров (формостабильности) и технической фиксации стекловолоконистых плит ISOVER KL 34 на фрагменте стеновой конструкции. Фрагмент подвергался воздействию температур от -20°C до $+30^{\circ}\text{C}$, увлажнению и вибрации.

Экспериментальные данные показали, что стекловолоконистые плиты обладают высокой устойчивостью к разрушающим воздействиям и высокой формостабильностью.

7. Проведены экспериментальные определения сопротивления теплопередаче фрагмента слоистой конструкции с теплоизоляцией из плит ISOVER KL 34 в климатической камере КТК 3000 ПКА. Фрагмент кладки состоял из следующих слоев: блоки из ячеистого бетона (внутренний слой), теплоизоляция из плит ISOVER KL 34, облицовочный кирпич (наружный слой), воздушной прослойки между теплоизоляцией и кирпичной кладкой в эксперименте предусмотрено не было. Установлено, что в зоне примыкания плит ISOVER KL 34 к облицовочному кирпичу образовалась наледь, влажность прилегающего к кирпичу слоя стекловолоконистой плиты составила более 90% масс. Исследованная слоистая кладка - конструкция подверженная набору влаги, часть которой находится в волокнистом утеплителе. Частичное увлажнение не повлияло на геометрические размеры утеплителя ISOVER KL 34 и его теплотехнические характеристики в сухом состоянии.

8. Проведены теплотехнические расчеты ограждающих конструкций с теплоизоляционным слоем из стекловолоконистых плит ISOVER KL 34. В

результате проведенных расчетов температурно-влажностного режима конструкций наружных стен для заданных регионов РФ установлено:

8.1. Наличие неблагоприятного влажностного режима конструкций с применением ячеистого бетона в качестве внутреннего конструкционного слоя для всех районов строительства. В частности, недопустимо высокое согласно требованиям СНиП 23-02-2003 приращение средней массовой влажности наружного (облицовочный пустотелый кирпич) и теплоизоляционного слоев за период влагонакопления. Такая конструкция наружной стены, утепленная любыми марками волокнистого утеплителя, как на основе стеклянного, так и на основе каменного сырья, не может быть рекомендована для строительства в указанных районах без дополнительных мер по повышению её сопротивления паропроницанию и совершенствования конструктивного решения.

8.2. Влажностный режим остальных исследованных конструкций с применением кирпичной кладки или железобетона в качестве конструкционного слоя и стекловолокнистых плит ISOVER KL 34 в качестве теплоизоляционного слоя при заданных условиях эксплуатации может рассматриваться как благоприятный, и конструкции могут быть рекомендованы к применению в указанных районах строительства.

9. Показана способность стекловолокнистых плит ISOVER KL 34 к быстрому восстановлению нормальной влажности при возможном переувлажнении с сохранением своих первоначальных технических характеристик: теплопроводности, сжимаемости, упругости.

10. Таким образом, исследованные стекловолокнистые плиты, произведенные по современной технологии ООО «Сен-Гобен Строительная Продукция Рус», показали высокую стойкость к атмосферным и разрушающим воздействиям и при благоприятном влажностном режиме и

корректно спроектированной и выполненной конструкции могут использоваться с сохранением основных эксплуатационных характеристик не менее 50 условных лет эксплуатации в климатических условиях Российской Федерации.

11. Стекловолокнистые плиты ISOVER, помимо конструкций, перечисленных в разделе 5 настоящего Заключение, могут быть рекомендованы к применению в строительных конструкциях: навесных фасадных системах с воздушным зазором; каркасных строительных конструкциях; сэндвич-панелях поэлементной сборки при обеспечении нормативных требований по СП23-101-2004 и СНиП 23-02-2003.

12. Современные стекловолокнистые изделия изготовленные по запатентованной технологии ООО «Сен-Гобен Строительная Продукция Рус» обладают высоким качеством, существенно отличающимся от изделий производимых по устаревшим технологиям. Рекомендуется продолжить исследования функциональных качеств новых стекловолокнистых изделий для набора статистических данных по стойкости материалов к различным эксплуатационным воздействиям.

Список использованной литературы.

1. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. М 2004.
2. Wet1D. Расчёт температурно-влажностного режима ограждающих конструкций зданий. Описание программы и руководство пользователя. НИИСФ, Москва, ФАИ 2008.
3. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».
4. Руководство по расчёту влажностного режима ограждающих конструкций зданий. НИИСФ. Москва, Стройиздат, 1984, 166 стр.
5. Качалов Н.Н. Стекло. Москва, Издательство АН СССР, 1959, 465 стр.
6. ГОСТ 7076-99. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме.
7. ГОСТ 25898-83. Материалы и изделия строительные. Методы определения сопротивления паропрооницанию.

Прогнозируемое распределение влажности материалов конструкций наружного ограждения для климатических условий Москвы, Новосибирска и Владивостока

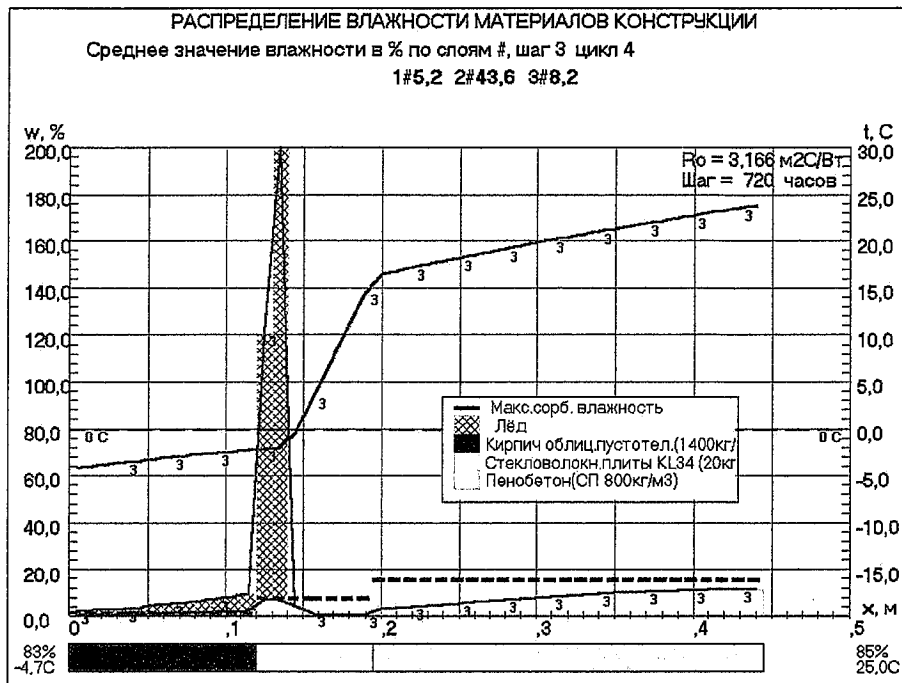


Рис. П.1.1. Распределение влажности в марте в конструкции с применением пенобетона. Район строительства г. Москва.

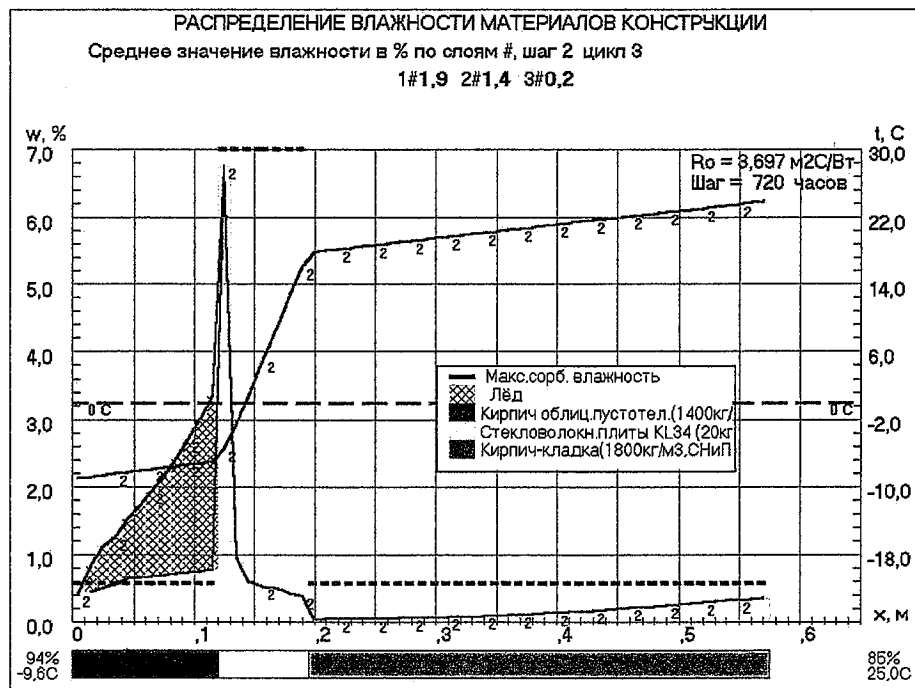


Рис. П.1.2. Распределение влажности в феврале в конструкции с применением кирпичной кладки. Район строительства г. Москва.

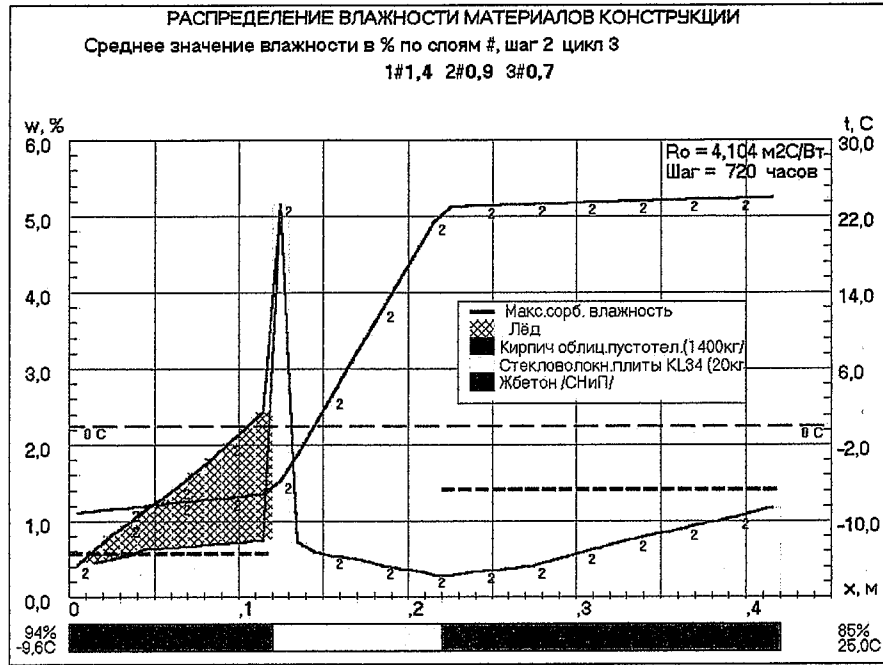


Рис. П.1.3. Распределение влажности в феврале в конструкции с применением железобетона. Район строительства г. Москва.

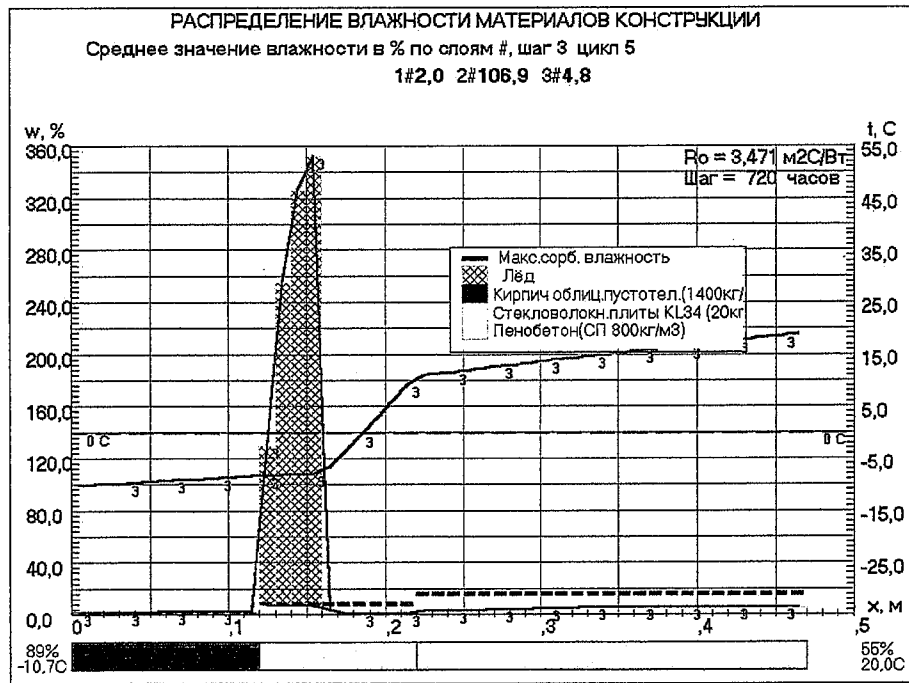


Рис. П.1.4. Распределение влажности в марте в конб. конструкции с применением пенобетона. Район строительства г. Новосибирск.

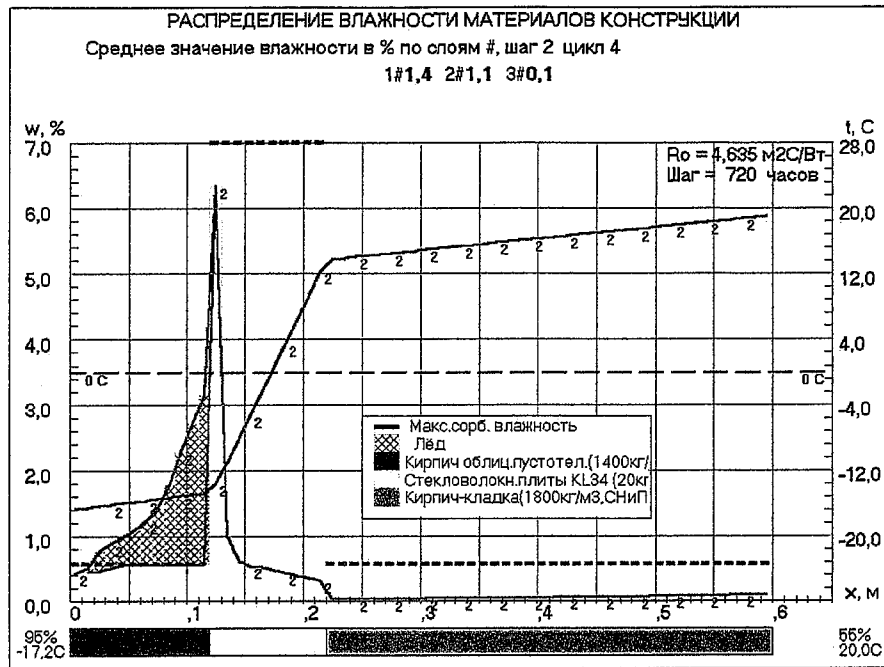


Рис. П.1.5. Распределение влажности в феврале в конструкции с применением кирпичной кладки. Район строительства г. Новосибирск.

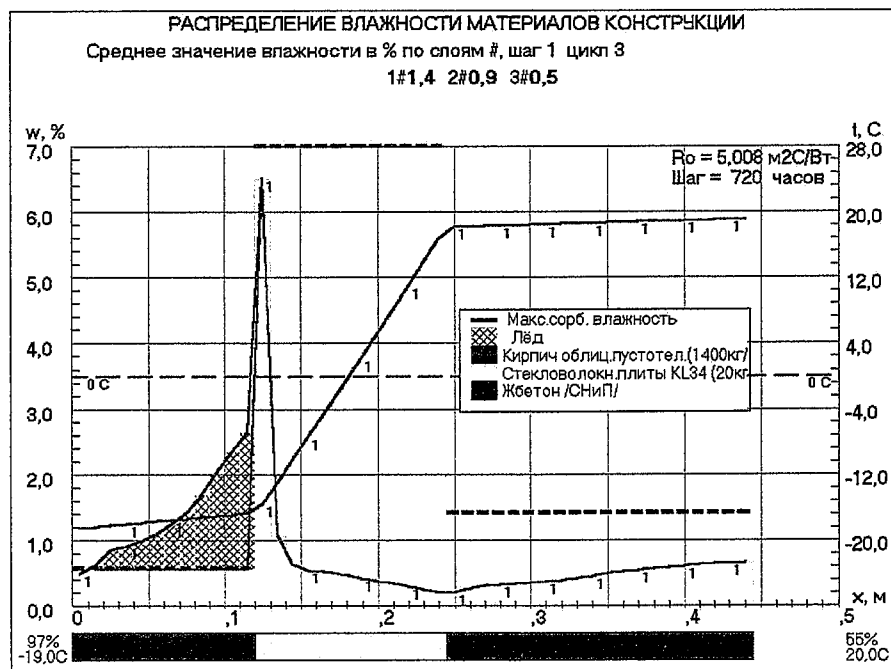


Рис. П.1.6. Распределение влажности в январе в конструкции с применением железобетона. Район строительства г. Новосибирск.

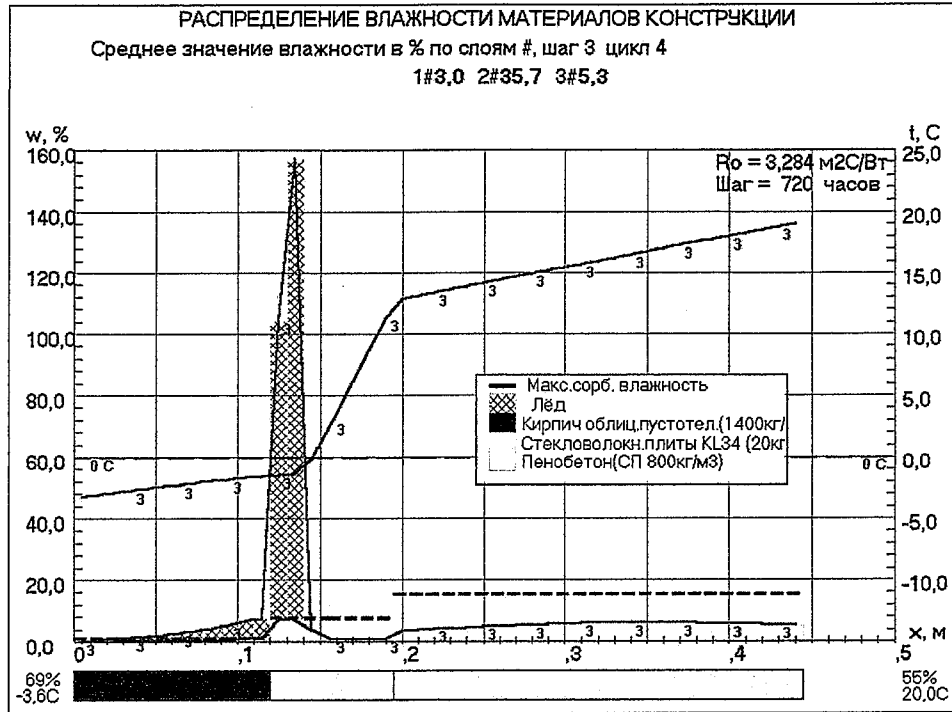


Рис. П.1.7. Распределение влажности в марте в конструкции с применением пенобетона. Район строительства г. Владивосток.

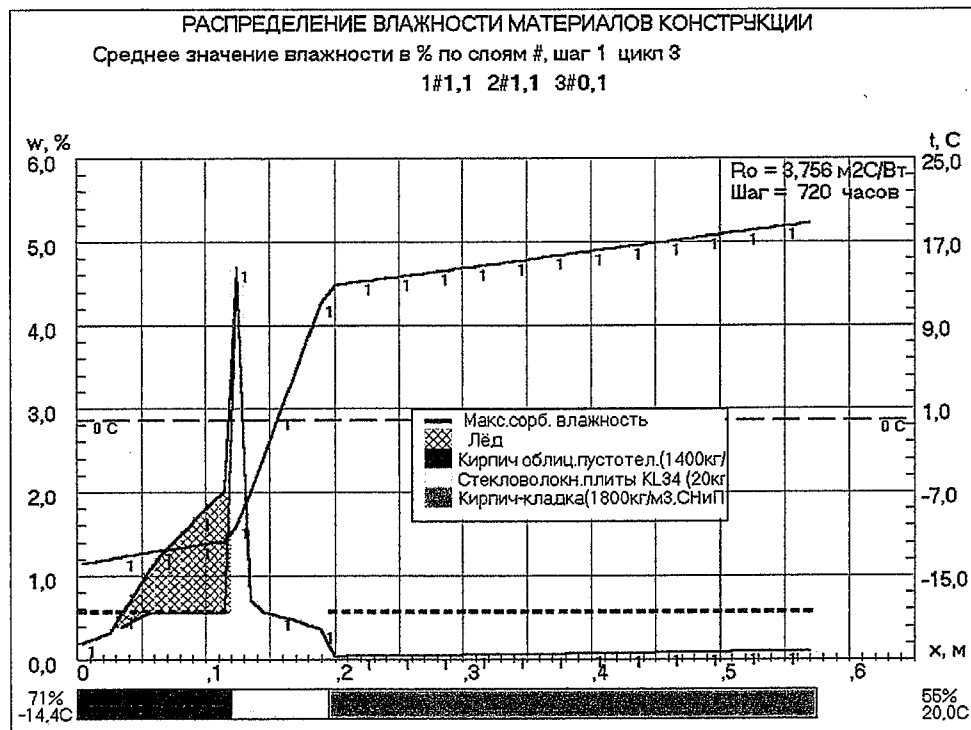


Рис. П.1.8. Распределение влажности в январе в конструкции с применением кирпичной кладки. Район строительства г. Владивосток.

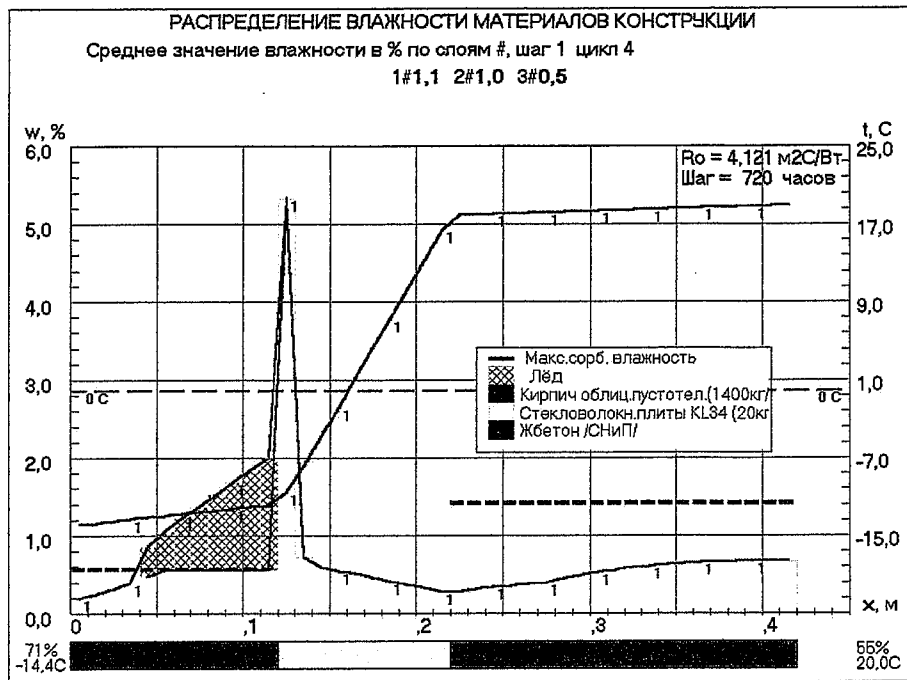


Рис. П.1.9. Распределение влажности в январе в конструкции с применением железобетона. Район строительства г. Владивосток.

Микрофотографии стекловолокна на образцах KL34.

Для подготовки препарата послойно отделяли слой волокна, выделенный слой помещали между двумя стеклянными пластинками. На данном препарате возможно оценить среднестатистическую плотность распределения волокон, средние размеры волокон по толщине, наличие разрушенных волокон и распределение связующего. Препарат помещали в установку с оптическим микроскопом и фиксирующей аппаратурой. Микрофотографии, прилагаемые ниже в виде квадратного участка, отражают изображение 50x 50 (мкм).

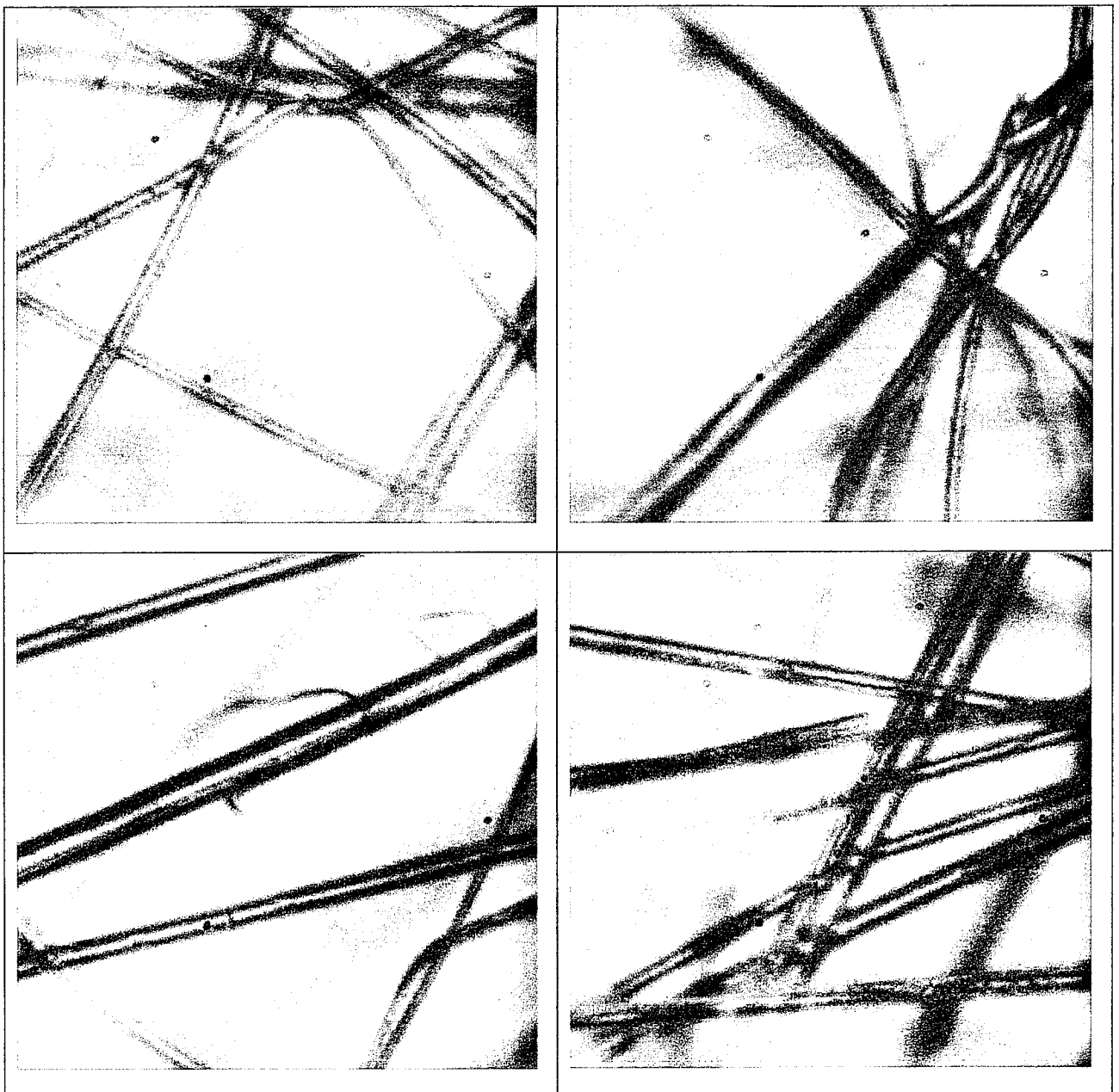


Рис. П.2.1. Состояние волокон образца, не подвергавшегося циклическим воздействиям и воздействию агрессивных сред

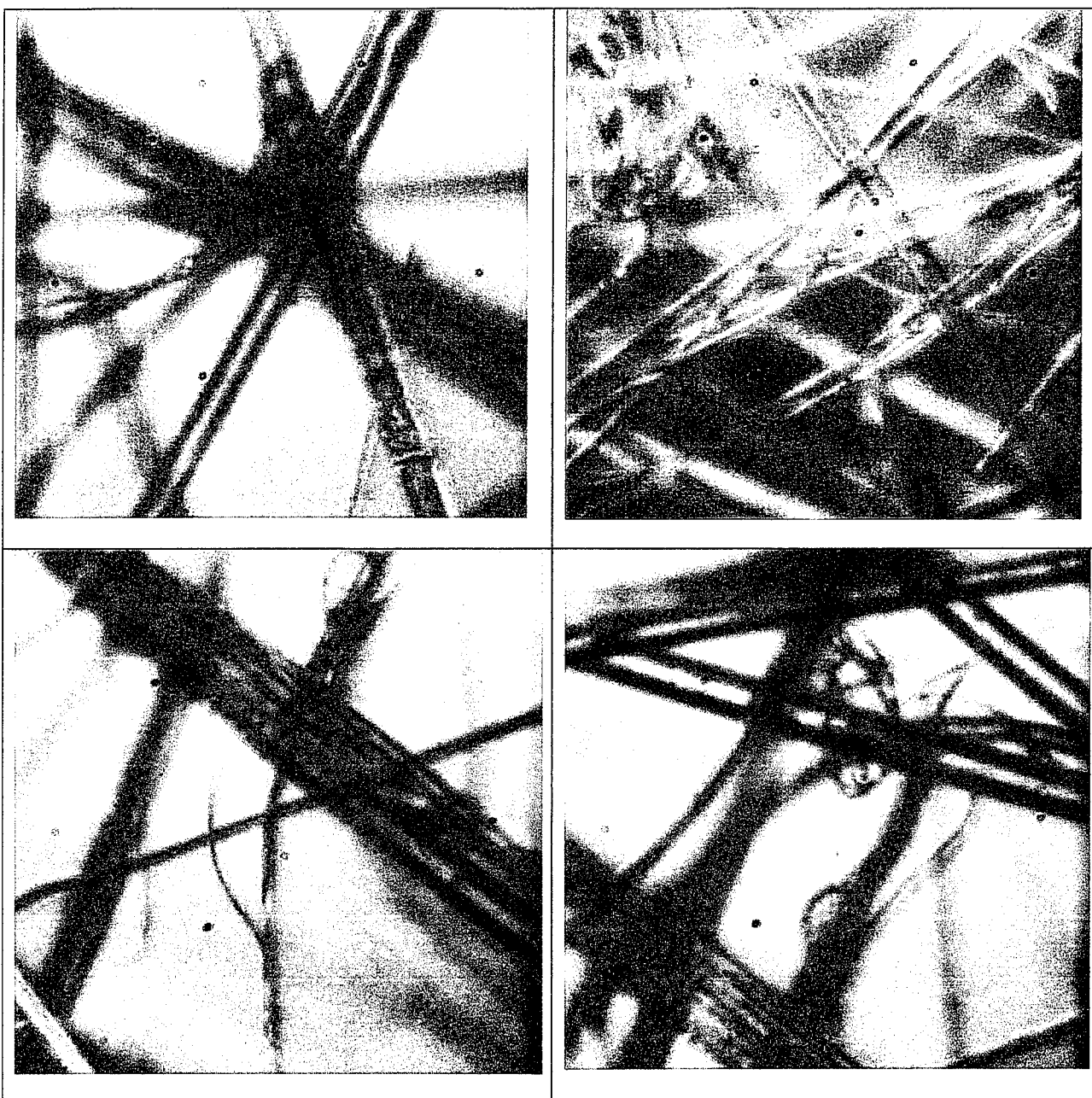


Рис. П.2.2. Состояние волокон образца, не подвергавшегося циклическим воздействиям, обработанного 1%-ным раствором едкого натра

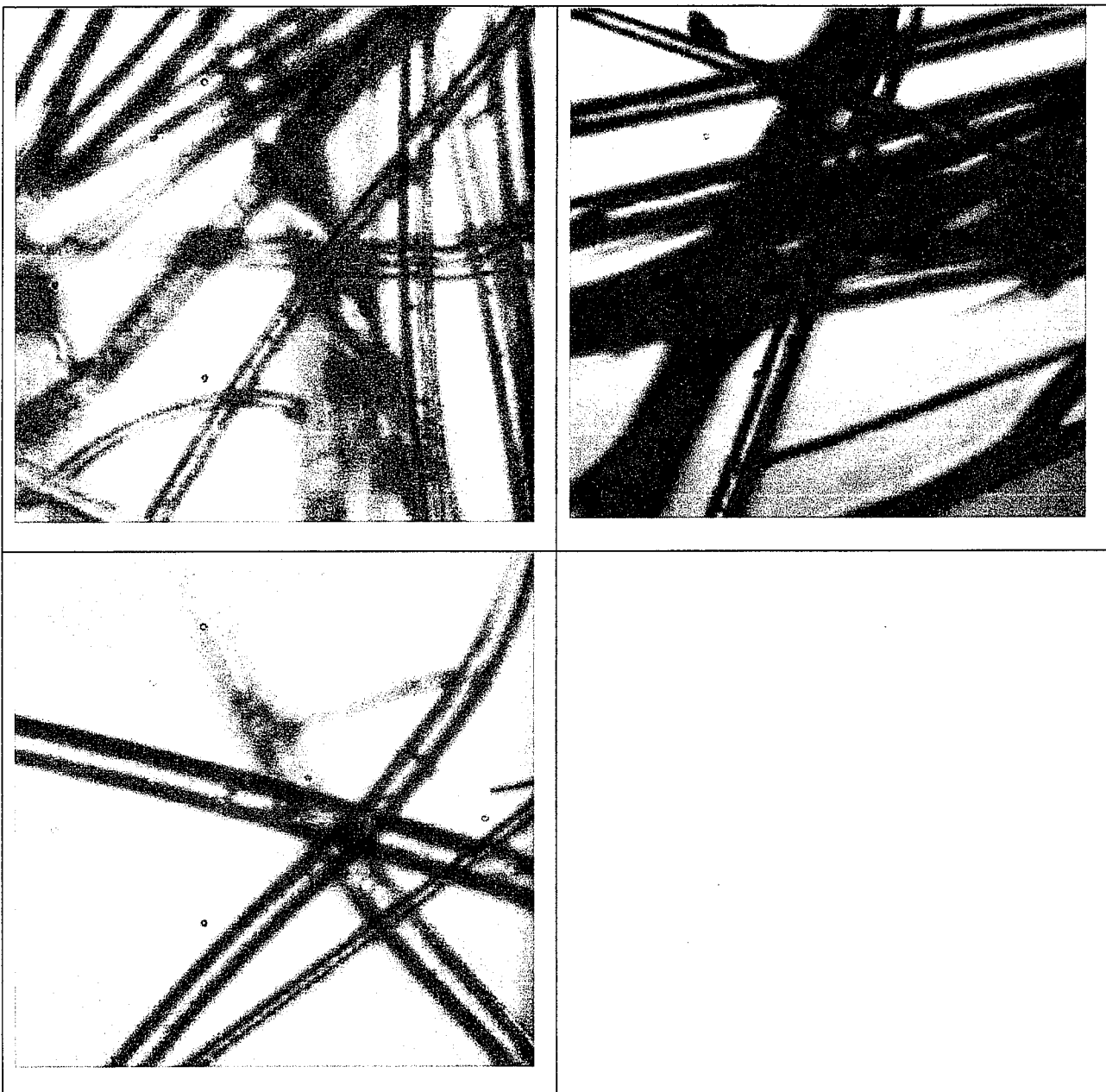


Рис. П.2.3. Состояние волокон образца, не подвергавшегося циклическим воздействиям, обработанного цементным молочком (слой, выбранный для препарата, граничащий со слоем, выдержанным в свежеприготовленном цементном растворе)

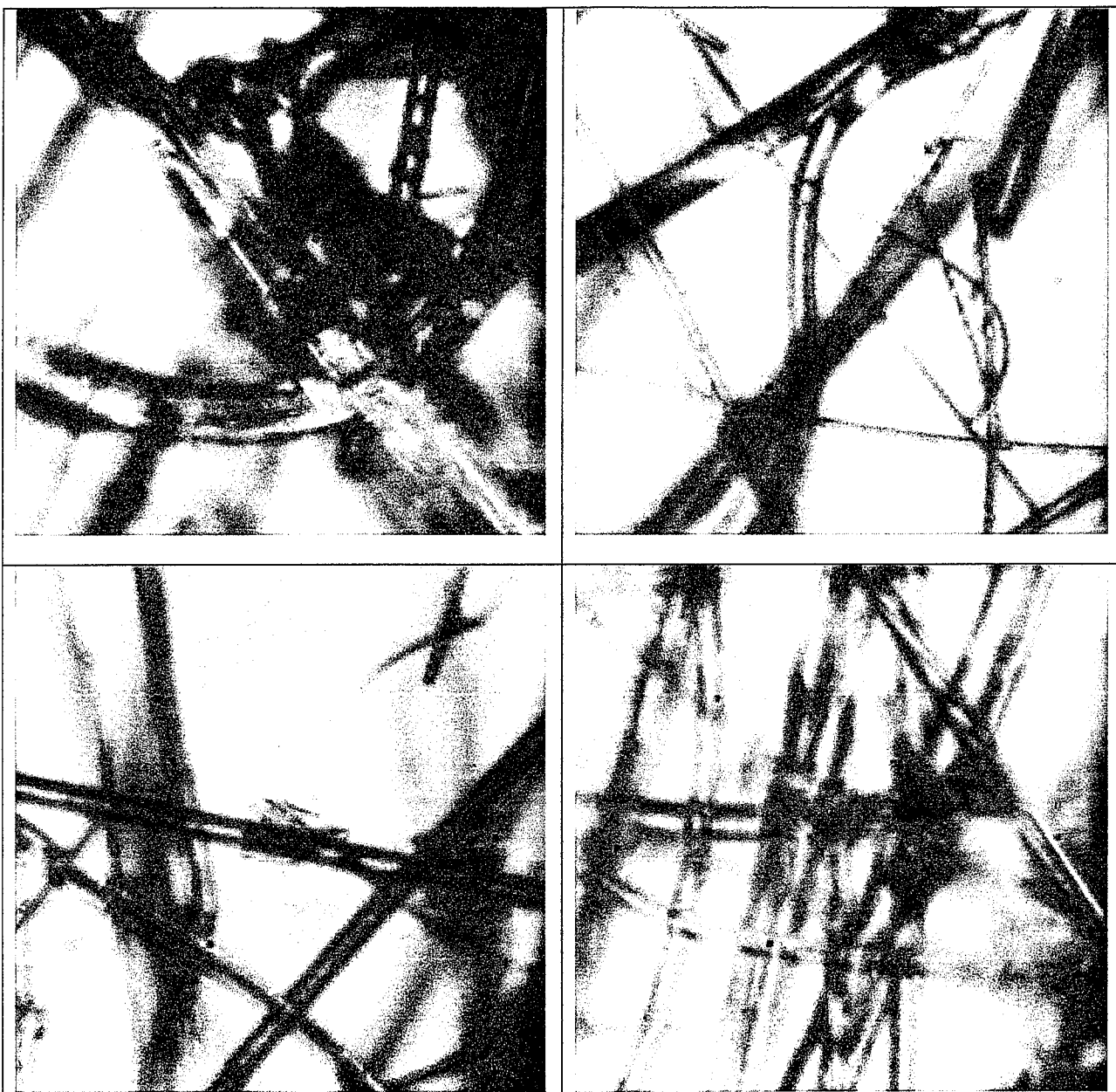


Рис. П.2.4. Состояние волокон образца, после 130 циклов знакопеременного температурного воздействия, в состоянии естественной влажности без обработки агрессивными реагентами

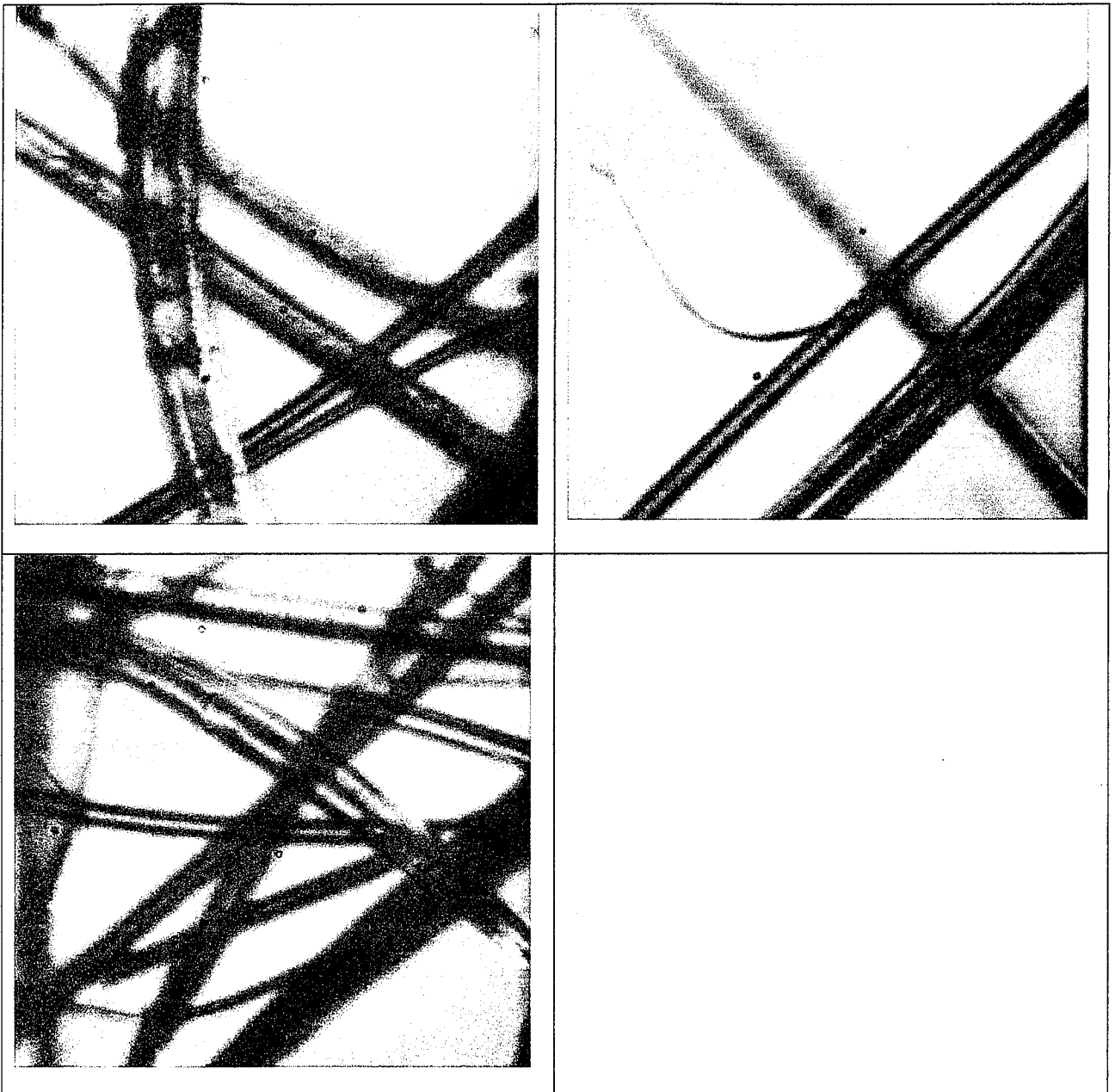


Рис. П.2.5. Состояние волокон образца, после 130 циклов знакопеременного температурного воздействия, обработанного 1%-ным раствором едкого натра. Препарат из внутренних слоев образца.

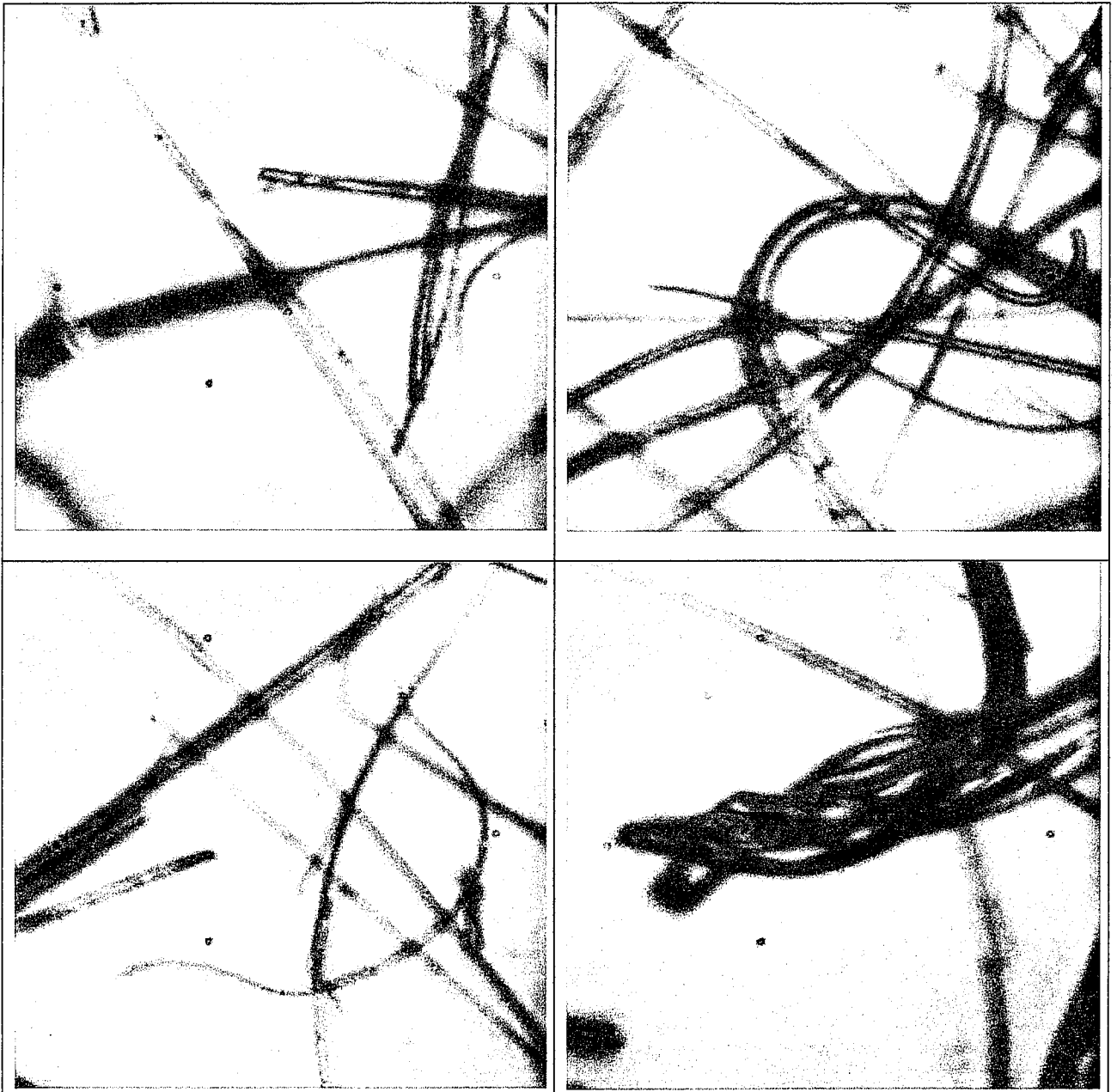


Рис. П.2.6. Состояние волокон образца, после 130 циклов знакопеременного температурного воздействия, предварительно увлажненного до 10% по массе. Препарат из внутренних слоев образца.

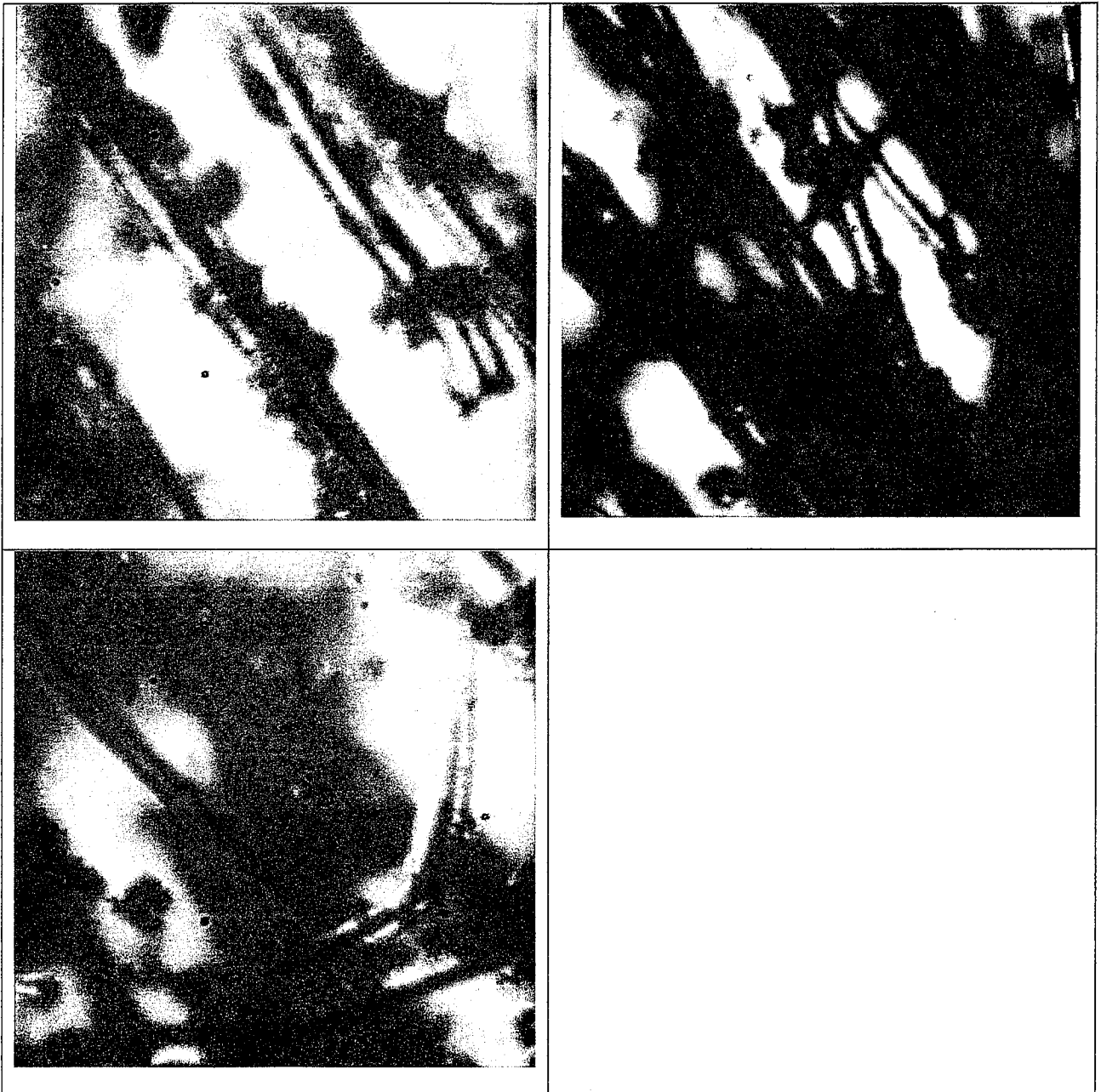


Рис. П.2.7. Состояние волокон образца, после 130 циклов знакопеременного температурного воздействия, обработанного цементным молочком (слой, выбранный для препарата, выдержан в свежеприготовленном цементном растворе). Центрами кристаллизации цементного камня являются микродефекты на стеклянных волокнах.

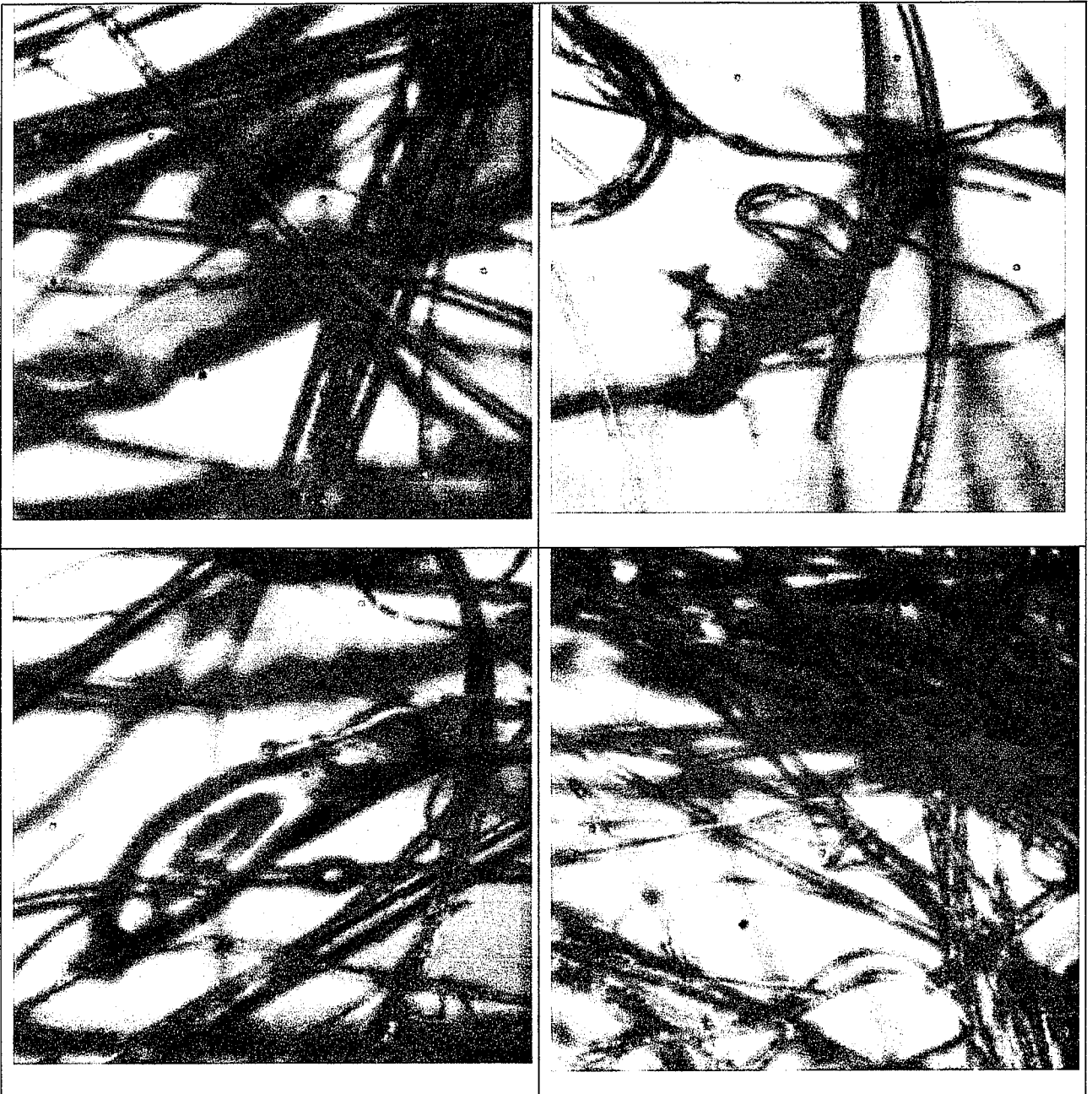


Рис. П.2.8. Состояние волокон образца, после 130 циклов знакопеременного температурного воздействия, обработанного цементным молочком (слой, выбранный для препарата, граничит со слоем, выдержанным в свежеприготовленном цементном растворе)

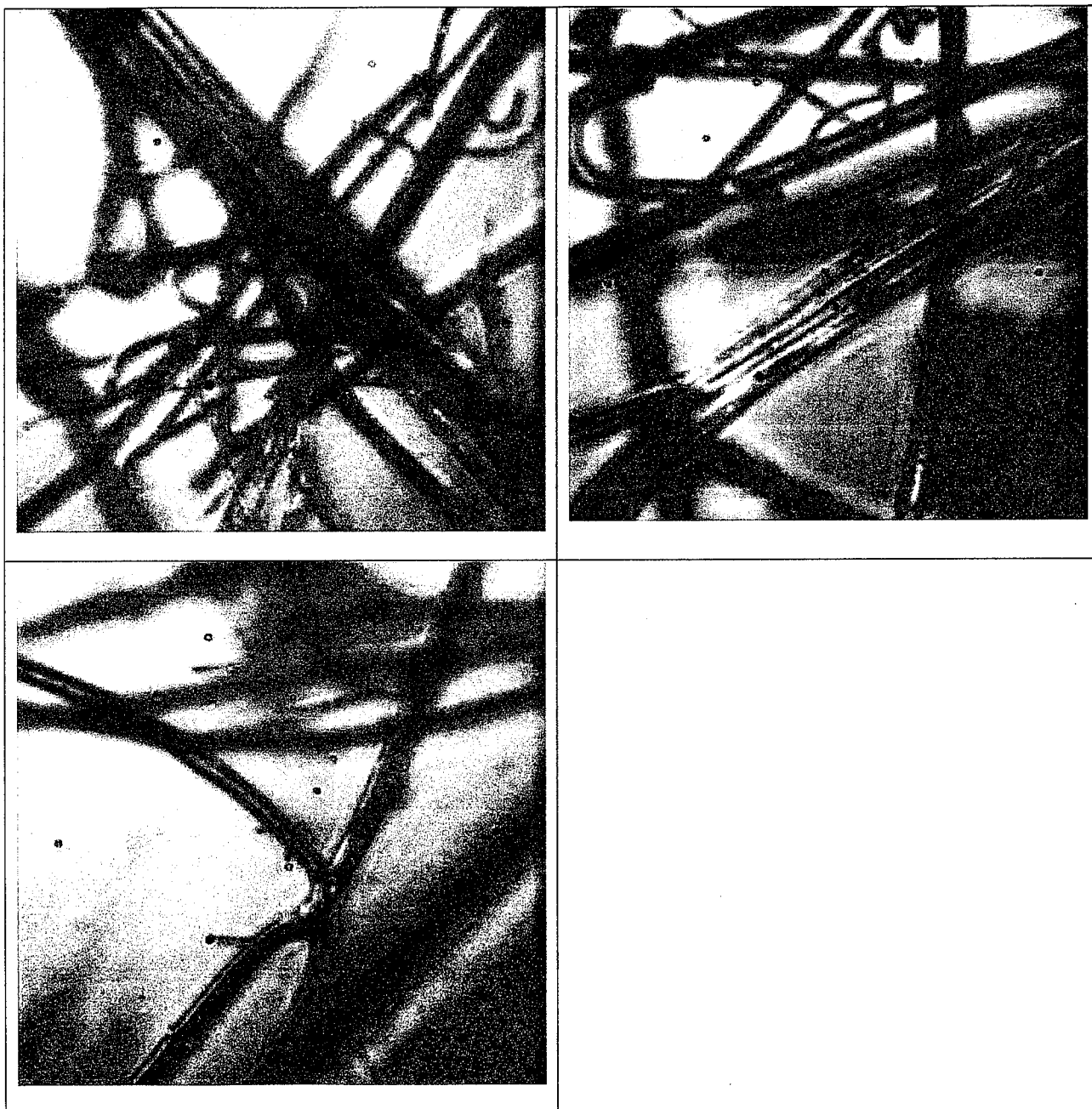


Рис. П.2.9. Состояние волокон образца, после 130 циклов знакопеременного температурного воздействия, предварительно увлажненного до 10% по массе. Препарат из наружного слоя образца

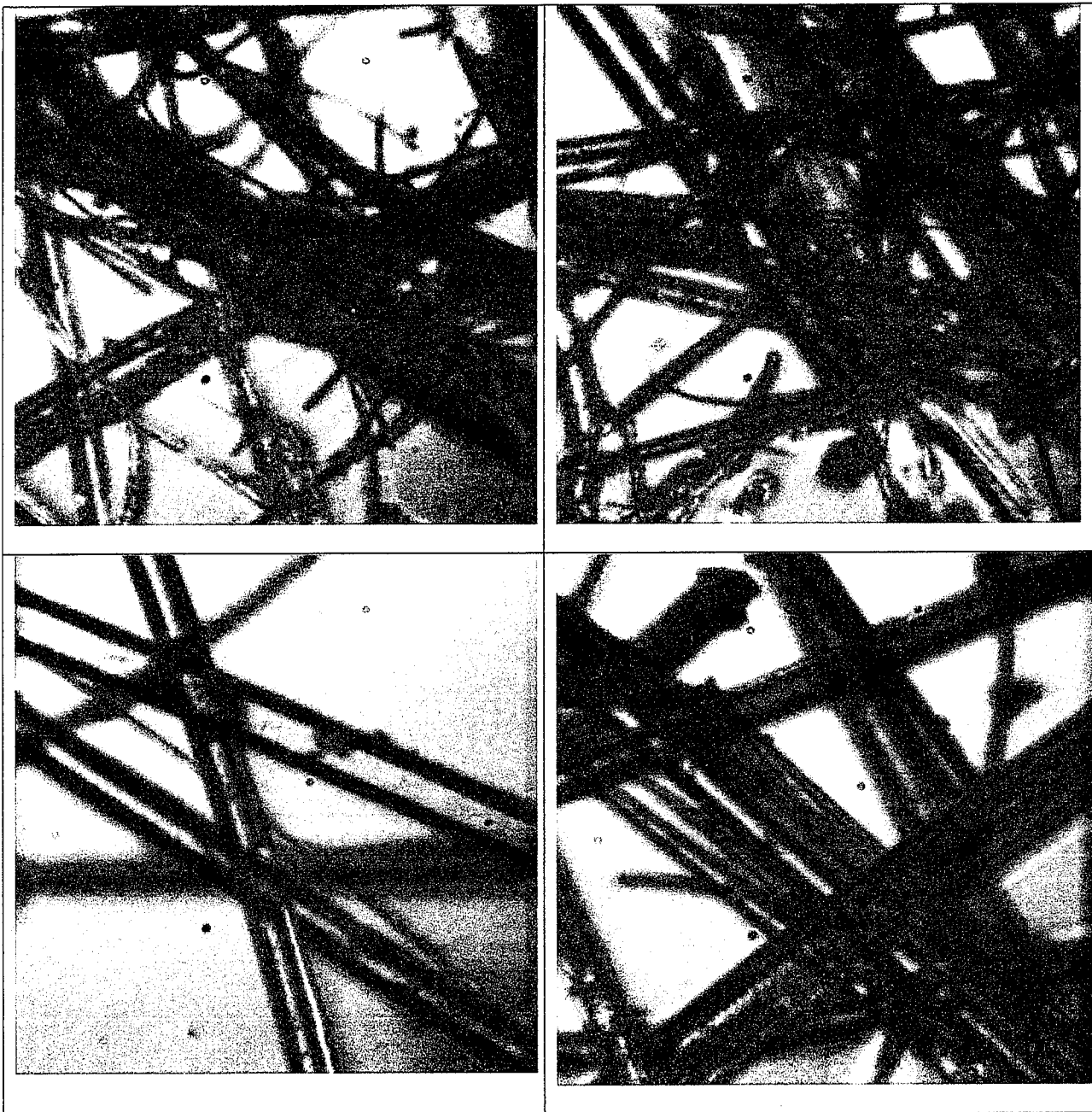


Рис. П.2.10. Состояние волокон образца, после 130 циклов знакопеременного температурного воздействия, обработанного 1%-ным раствором едкого натра. Препарат из наружного слоя образца.

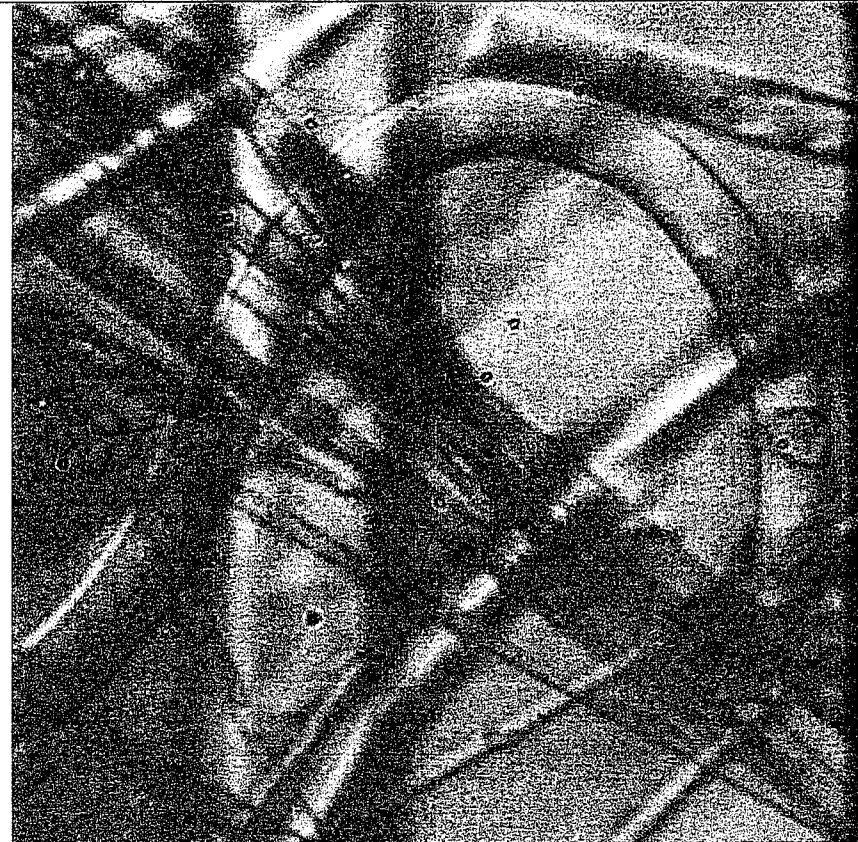


Рис. 11. Вид стеклянного волокна, зафиксированного в поляризованной свете. На поверхности волокна видны микродефекты, которые могут являться следствием влияния агрессивных сред (раствора едкого натра)