



ФАУ «РОСКАПСТРОЙ»
МИНСТРОЙ РОССИИ

Механизмы намокания и разрушения в цокольной части кирпичной кладки



Старцев Сергей Александрович



ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖКХ
ПРИ МИНСТРОЕ РОССИИ



МОНИТОРИНГ
информационно-аналитическая система



Кирилло-Белозерский монастырь





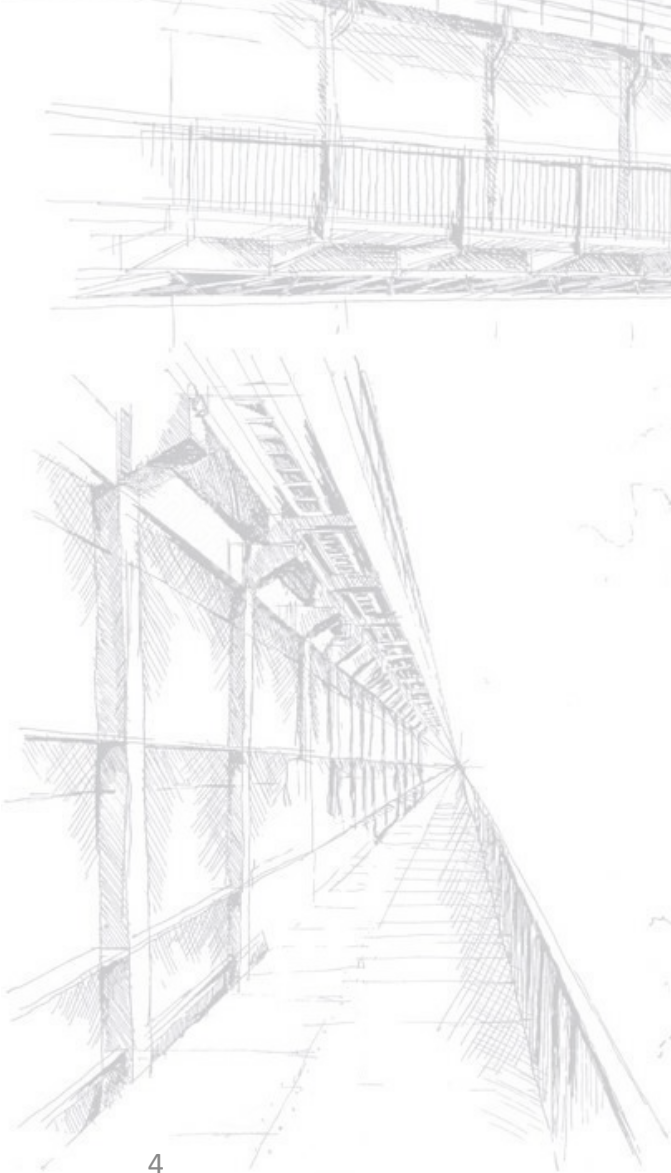
Разрушение кирпичной кладки солями





ФАУ «РОСКАПСТРОЙ»
МИНСТРОЙ РОССИИ

Фрагмент кирпича из разрушающегося участка стены . (Тихвинский Богородичный Успенский монастырь).





В цокольной части кирпичной кладки основным механизмом разрушения является размораживание.





Длительное увлажнение или «Запаривание» кирпича является причиной перехода кирпича в глиноподобное состояние.





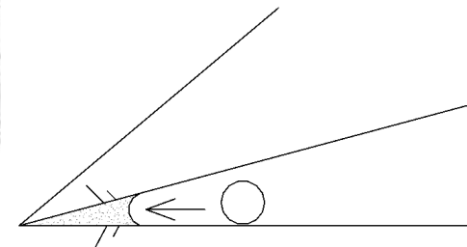
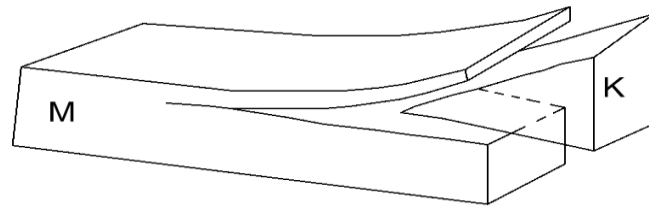
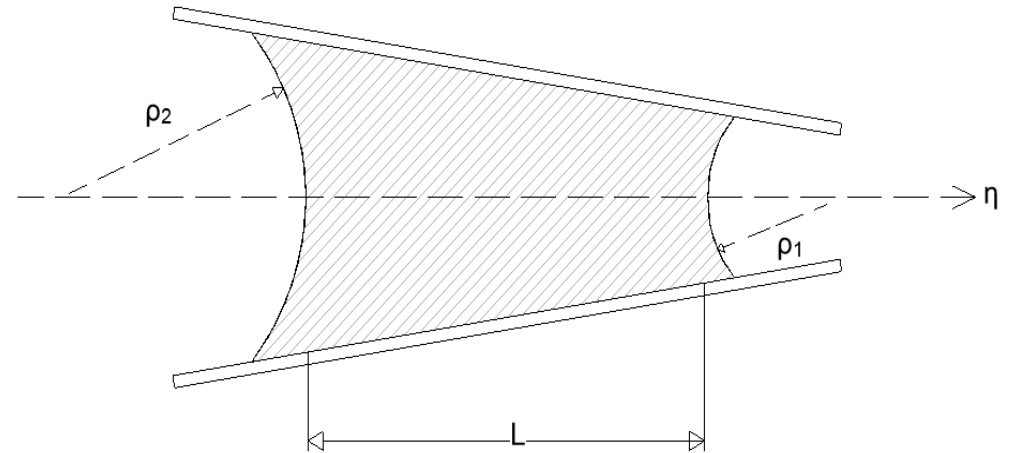
Расклинивающее действие воды – свойство тонких слоёв жидкости, возникающее при условии, что толщина слоя жидкости, раздвигающей стенки капилляра в твёрдом теле меньше некоторой критической величины расстояния между стенками / диаметра.
Расклинивающее действие воды приводит к образованию трещин в массиве бетона.

$$\psi = \frac{2\sigma}{\gamma_{ж}} \cdot \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2} \right)$$

капиллярный потенциал

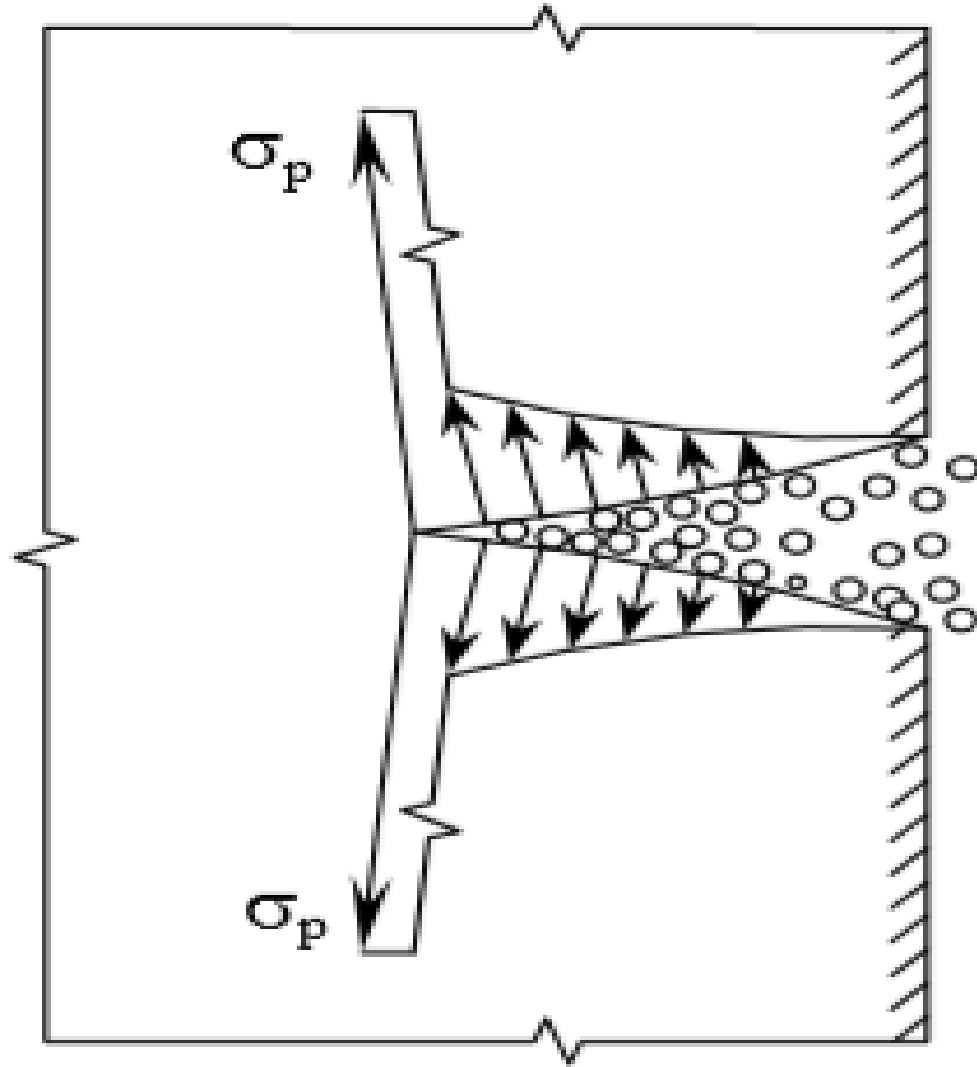
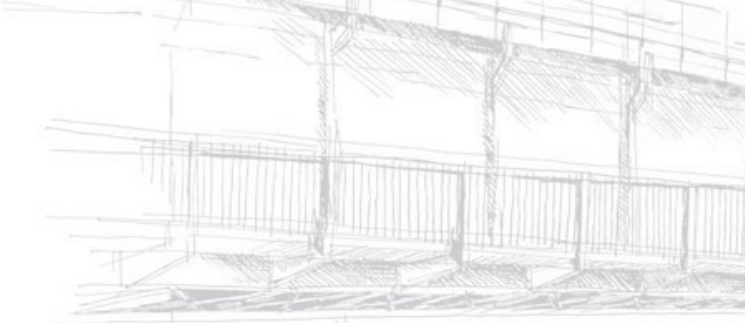
σ – коэффициент
поверхностного натяжения,

$\gamma_{ж}$ – плотность жидкости
 r_1 и r_2 – радиусы менисков,
соответственно.



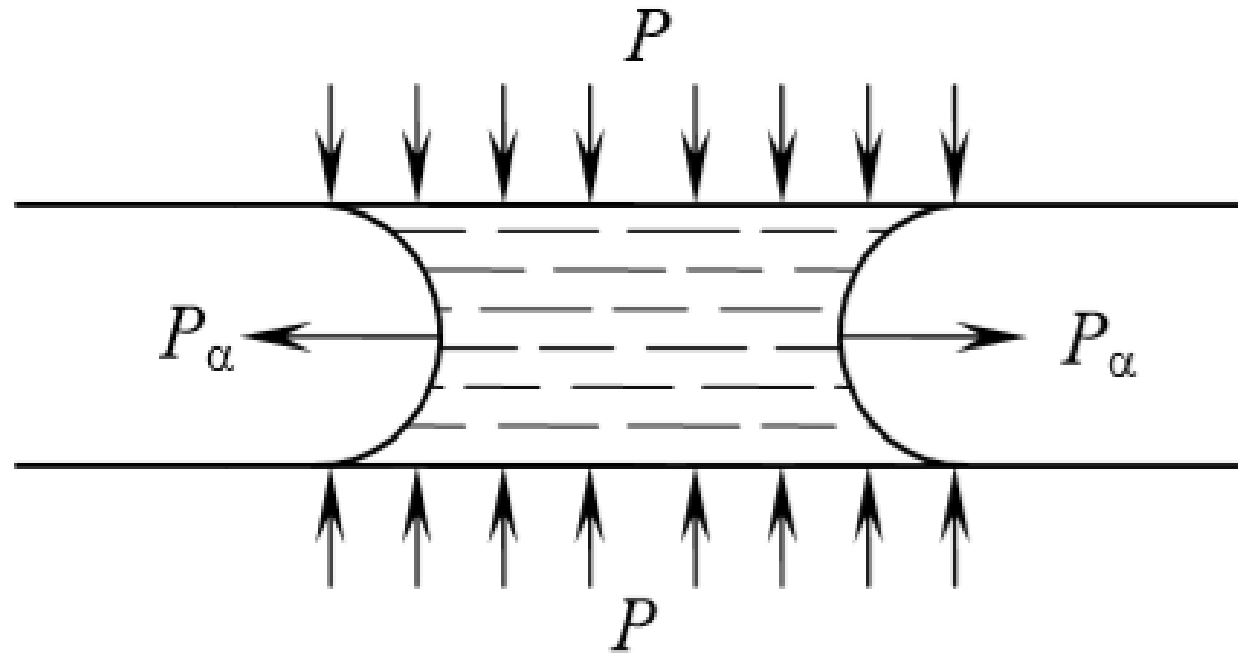


Расклинивающее действие адсорбированной влаги





Образование капиллярного давления внутри материала кирпичной кладки





ДВЕ ПЛАСТИНЫ СМОЧЕННЫЕ ЖИДКОСТЬЮ



Представление о величине возникающих при этом сил можно получить из следующего числового примера. Пусть толщина слоя воды между пластинами стекла площадью 10 см^2 равна 10^{-4} см (1 микрон). Давление, сжимающее пластины,

$$p = \frac{\sigma}{r} = \frac{70}{0,5 \cdot 10^{-4}} = 1,4 \cdot 10^6 \text{ дин/см}^2 \approx 1,4 \text{ атм}$$

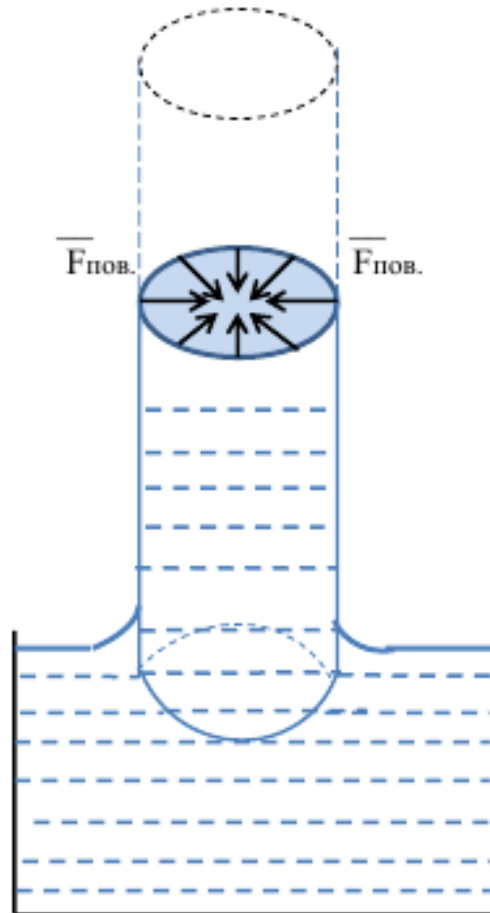
(при полном смачивании радиус мениска $r = d/2$, где d — толщина слоя жидкости). При площади пластин $S = 10 \text{ см}^2$ сила притяжения между ними

$$f = pS \approx 137 \text{ Н.}$$

А.К. Кикоин, И.К. Кикоин, «Молекулярная физика», М. «Наука», 1976



Действие поверхностных сил в «коротких капиллярах»





ФАУ «РОСКАПСТРОЙ»
МИНСТРОЙ РОССИИ



**Конрад Фишер (архитектор, Германия)
1955-2008**

С 1996 - 2006 год он был добровольным председателем «Консультативного совета по сохранению памятников» в [Немецкой ассоциации замков](#).



ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖКХ
ПРИ МИНСТРОЕ РОССИИ



МОНИТОРИНГ
информационно-аналитическая система



И к сожалению не каждый домовладелец способен верно оценить ситуацию и принять правильное решение. Вот здесь и распахиваются широкие врата свободного рынка, с их неисчерпаемыми возможностями. Представители фирм самых новейших технологий, куча экспертов из отрасли химии, специалисты строительных компаний, лазерно-термоядерной физики и космонавтики, помощники-шабашники и т.д. и т.п. предлагают свои услуги по борьбе с поднимающейся влажностью. И далеко не редкость, когда против влажности от солевых отложений доверчивому клиенту втирают что-то о поднимающейся влаге и продают, порой за немалые бабки, свои услуги. Курам на смех!

«Значительным для степени промокания материалов является их поглощающая способность, то есть пористость применяемых материалов. Она играет решающую роль при движении влаги в строительных материалах. Движение происходит только из крупных пор в более мелкие (и никогда наоборот).»





В строительной теплотехнике принята классификация:

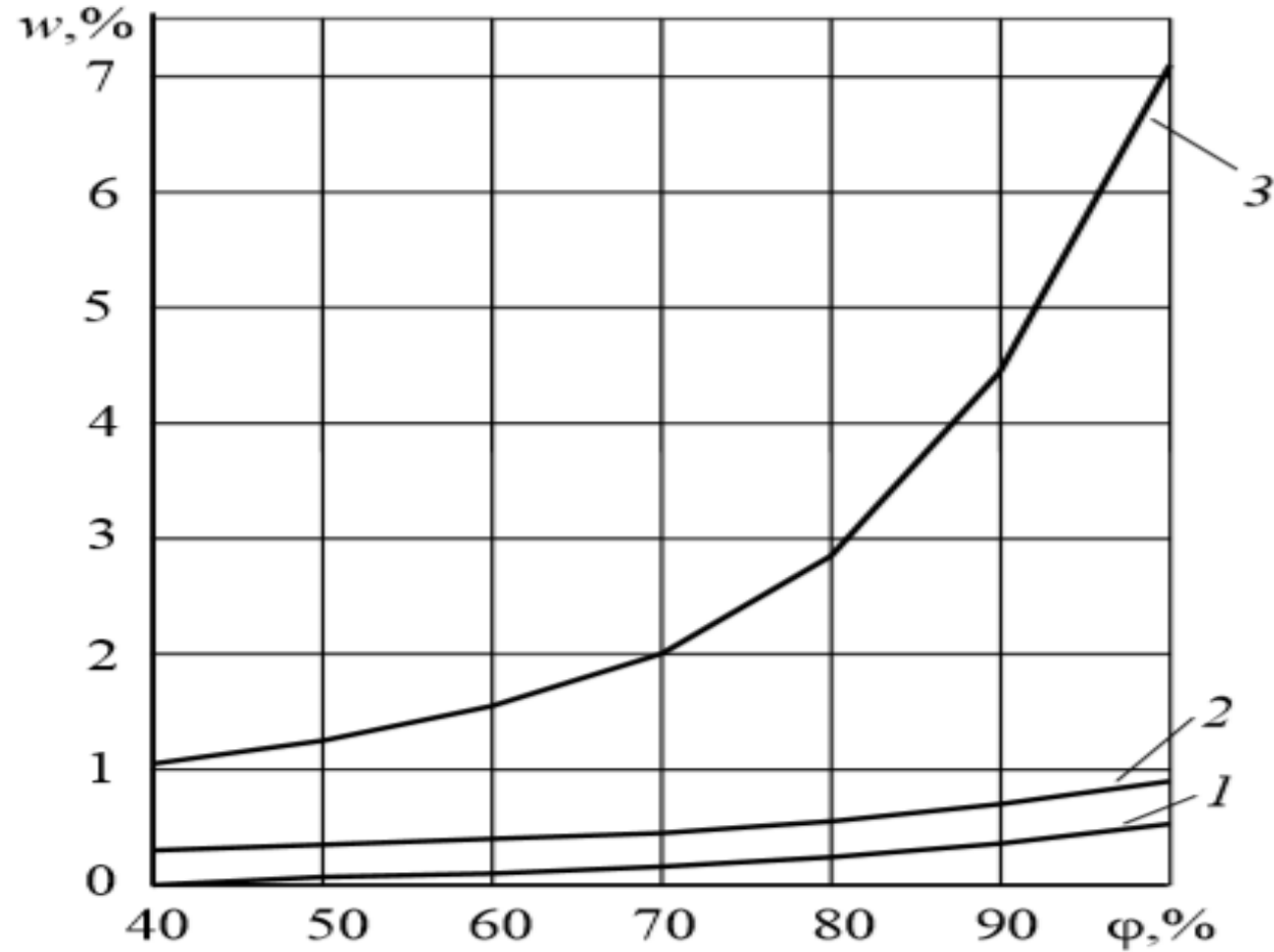
а. сорбированная влага – адсорбированная, осмотически связанная, капиллярная влага в сквозных микрокапиллярах ($\emptyset \leq 0,1$ мкм), в замкнутых капиллярах ($\emptyset \geq 0,1$ мкм) в следствии капиллярной конденсации;

б. свободная влага – капиллярная влага в сквозных капиллярах ($\emptyset \geq 0,1$ мкм), образующаяся в результате конденсации водяного пара в толще материала или при непосредственном контакте материала с водой, влага смачивания при соприкосновении с водой.



При влажности воздуха свыше 40% на поверхности пор кирпича, кладочного раствора и штукатурного слоя образуются сорбционные плёнки молекул воды. При взаимодействии с агрессивными газами, такими как: SO_2 , SO_3 , H_2S , CO_2 , NO_2 , NH_4 и т.п., образуются соответствующие кислоты. При взаимодействии с различными компонентами материалов эти кислоты образуют соли: сульфаты, карбонаты, нитраты, хлориды. Эти соли весьма гигроскопичны. Исключить влажность кирпичной кладки и штукатурки такого рода с помощью различных видов гидроизоляции не представляется возможным.

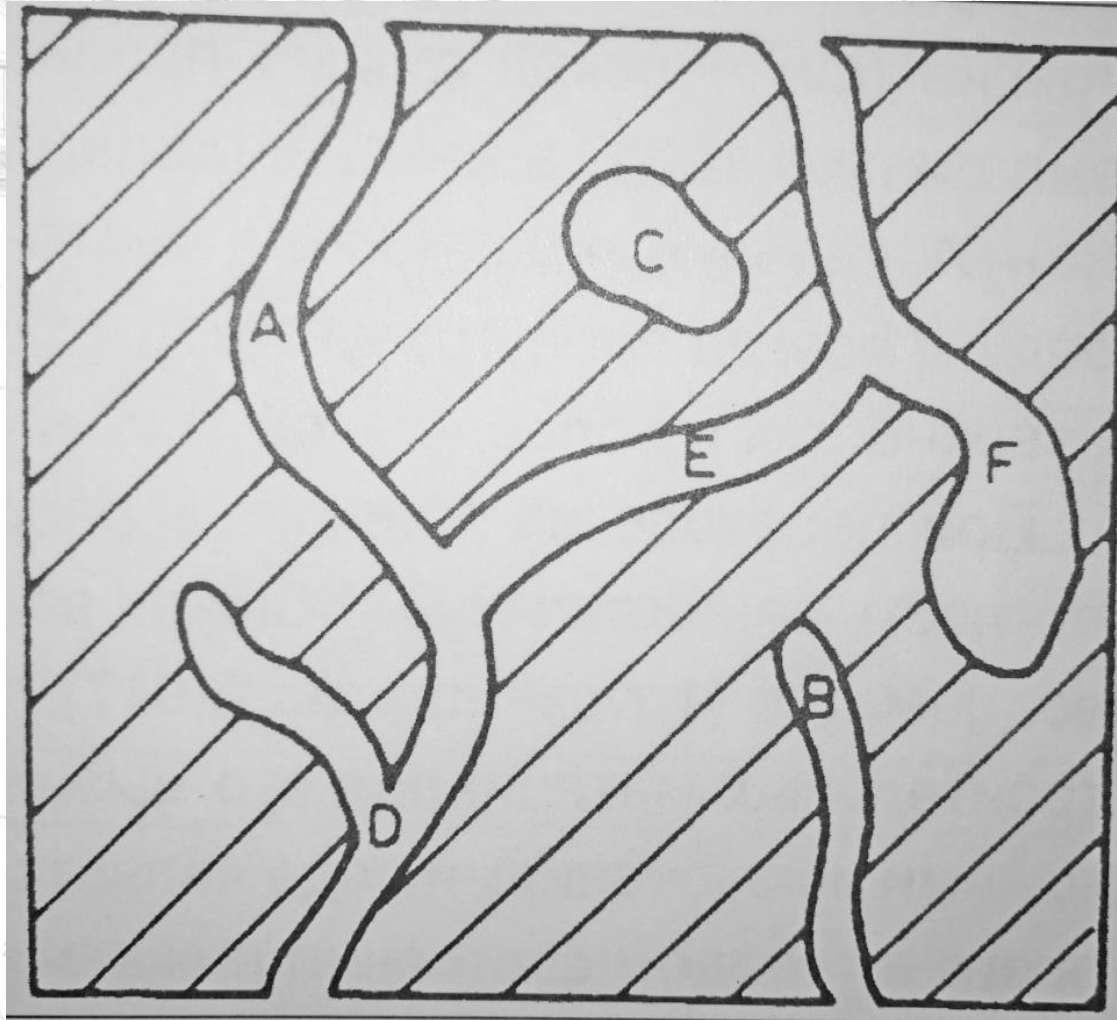
PS. Образование упомянутых солей может быть следствием жизнедеятельности микроорганизмов.



**Изотермы сорбции водяного пара глиняного (1),
силикатного (2) и трепельного (3) кирпичей при
температуре 20 °С**



Капиллярно-поровое пространство



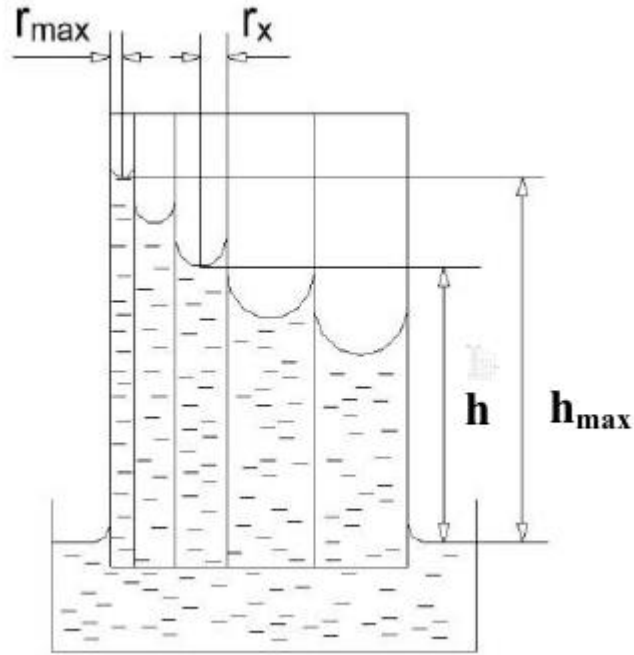


Поры более 10^{-4}_m – воздушные поры;

Поры радиусом от 10^{-7}_m до 10^{-4}_m – макро- или капиллярные поры;

Поры радиусом менее 10^{-7}_m - микропоры;

Поры радиусом менее 10^{-9}_m - гелевые поры.



Формула Жюрена для наклонного капилляра.

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{r g \gamma_{\text{ж}}} = L \sin \vartheta$$

$\cos \theta$ - косинус угла смачивания,

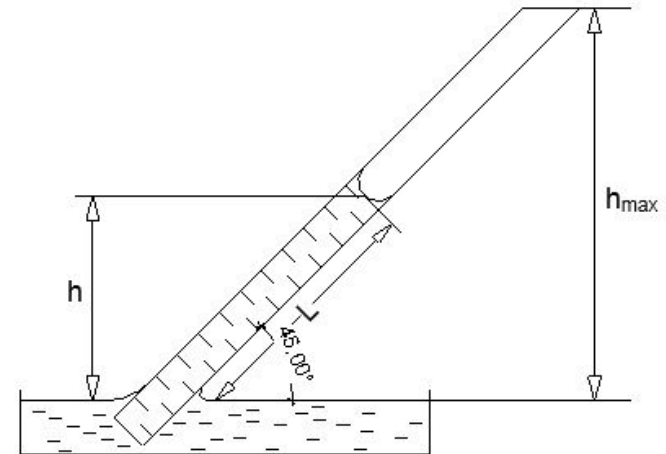
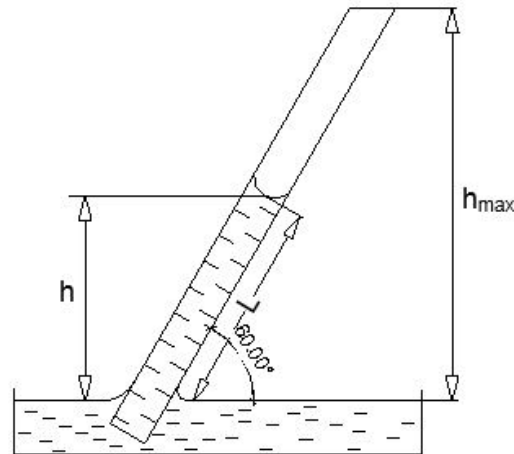
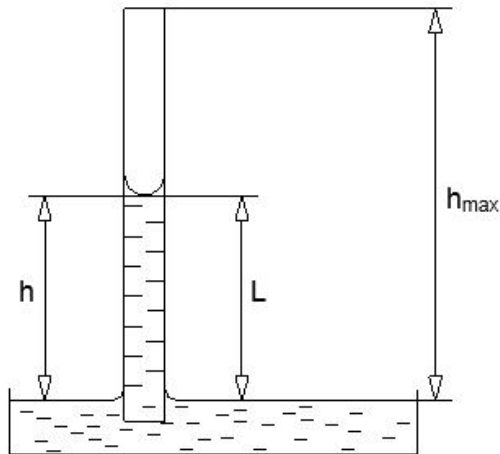
σ - коэффициент поверхностного натяжения,

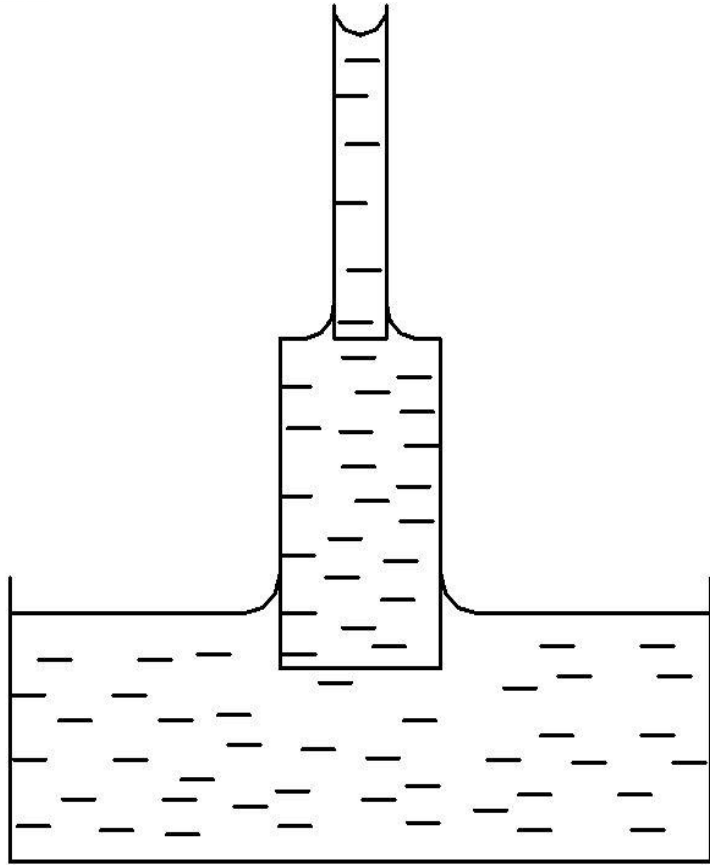
r - радиус капилляра,

g - ускорение свободного падения,

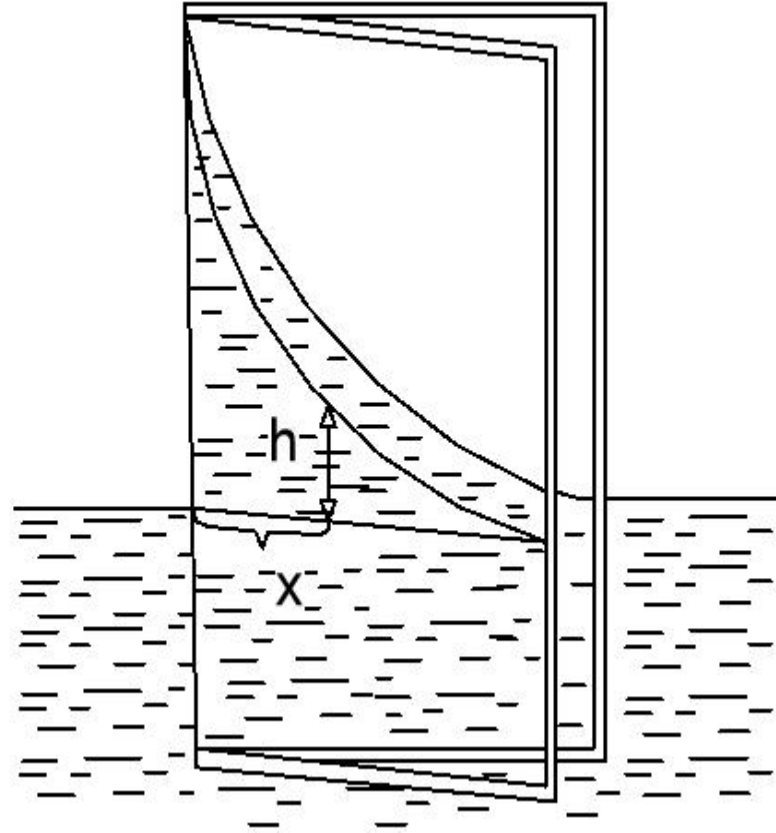
$\gamma_{\text{ж}}$ - плотность жидкости,

ϑ - угол наклона капилляра.





Переход жидкости в капиллярах
разного сечения



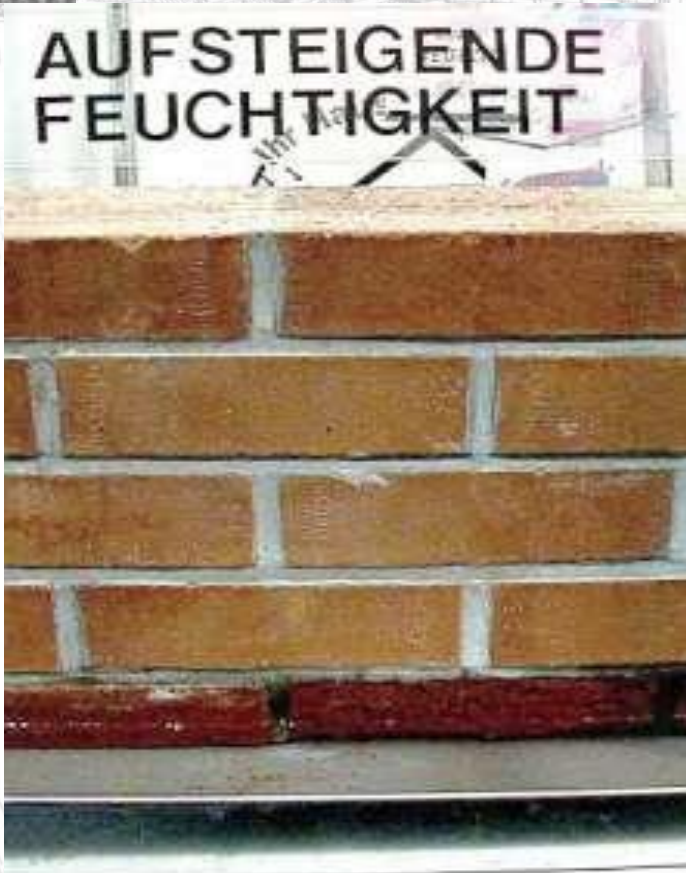
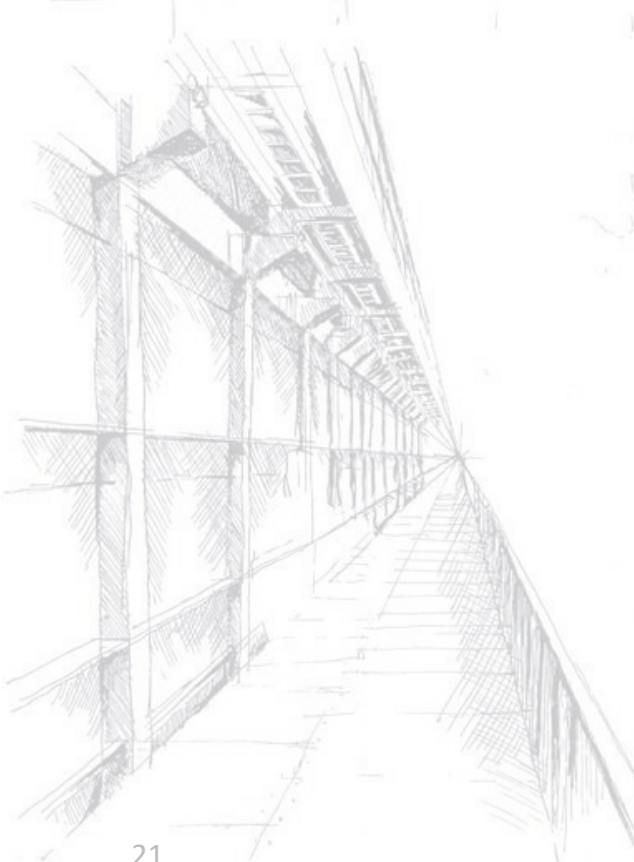
Подъём жидкости в "щелевых"
капиллярах



ФАУ «РОСКАПСТРОЙ»
МИНСТРОЙ РОССИИ



К вопросу о «капиллярном подсосе»





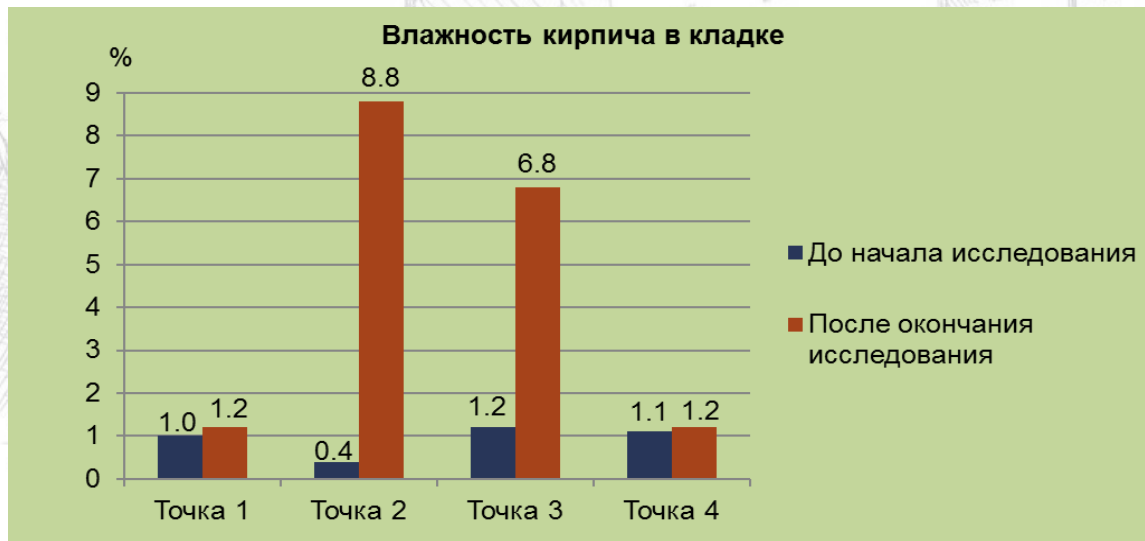
Результаты исследования (первый этап)



Фрагмент кирпичной кладки до начала исследования



Фрагмент кирпичной кладки после окончания первого этапа исследования

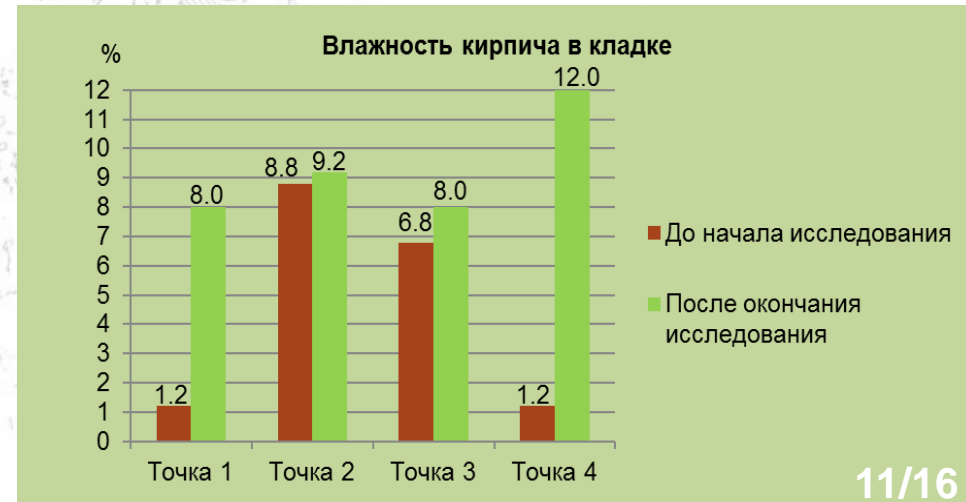




Моделирование условий «Весна».

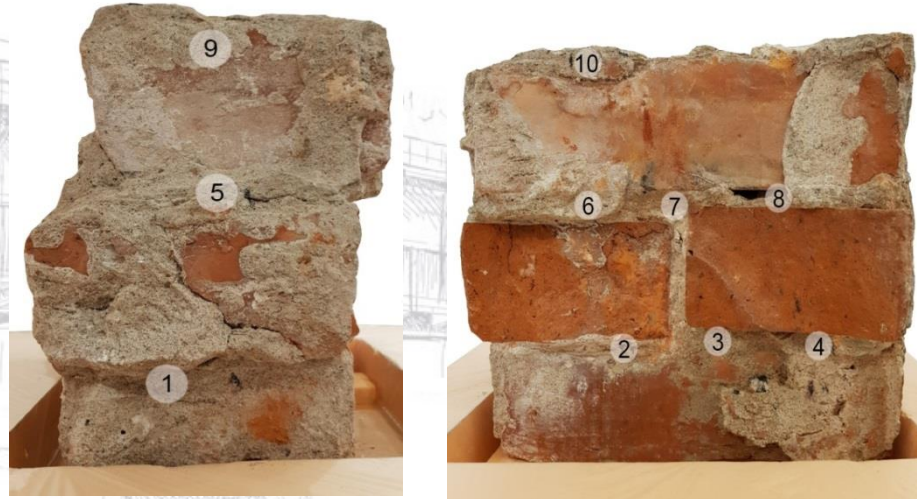
В ходе эксперимента в термобоксе поддерживались следующие параметры среды:

- температура воздуха внутри установки
- $t_{\text{воздуха уст}} = (+25,0) \sim (+26,7)^\circ\text{C}$;
- относительная влажность воздуха внутри установки
- $\varphi = 85 \sim 91,5\%$;
- температура воды
- $t_{\text{воды}} = +5^\circ\text{C}$.

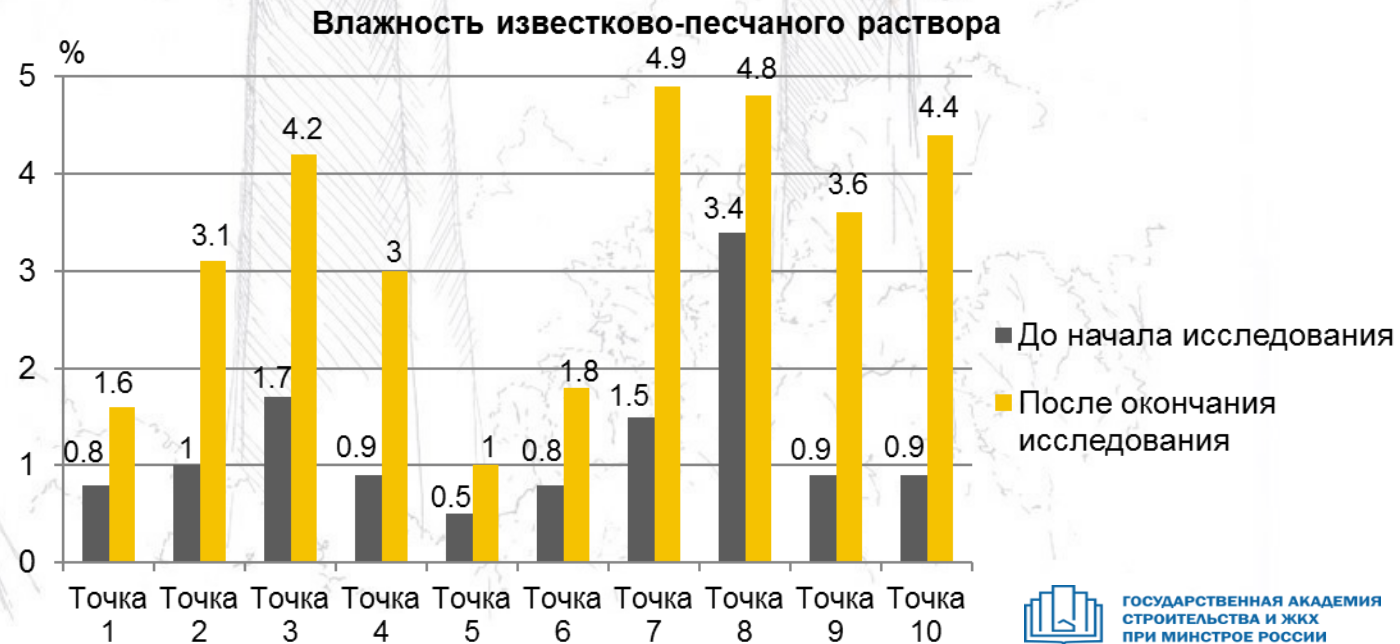




Результаты исследования



Точки измерения влажности раствора

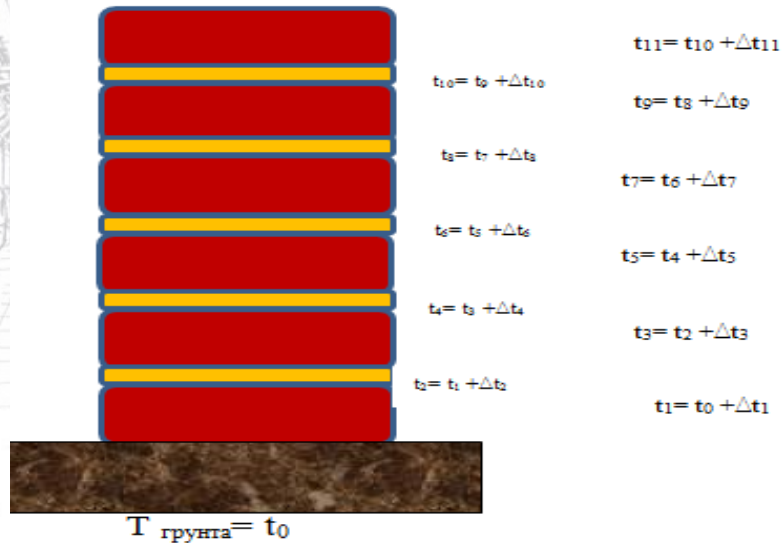




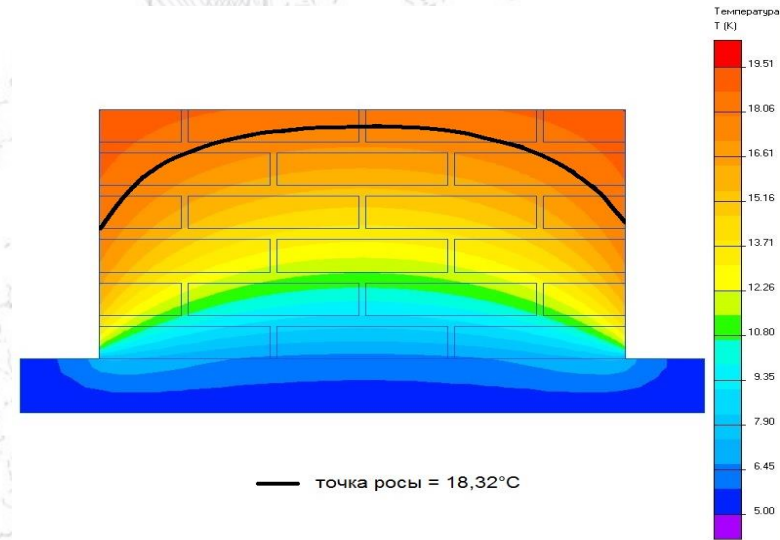
Моделирование тепловых полей фрагмента кирпичной кладки

Исходные данные:

- Расчёт выполнен стационарным методом (распределение тепловых полей принято без учета времени) в программе Elcut;
- Влажность воздуха в расчёте не учтена;
- Расчётная модель представлена разрезом кирпичной кладки с учётом заполнения швов известково-песчаным раствором. Толщина горизонтальных швов – 20 мм, вертикальных – 10 мм (для обеспечения необходимого условия перехлеста стыков в процессе кладки).



Расчётная модель



Картина распределения тепловых полей
($T_{\text{грунта}} = +5^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{воздуха}} = +20^{\circ}\text{C}$; ($f=90\%$))



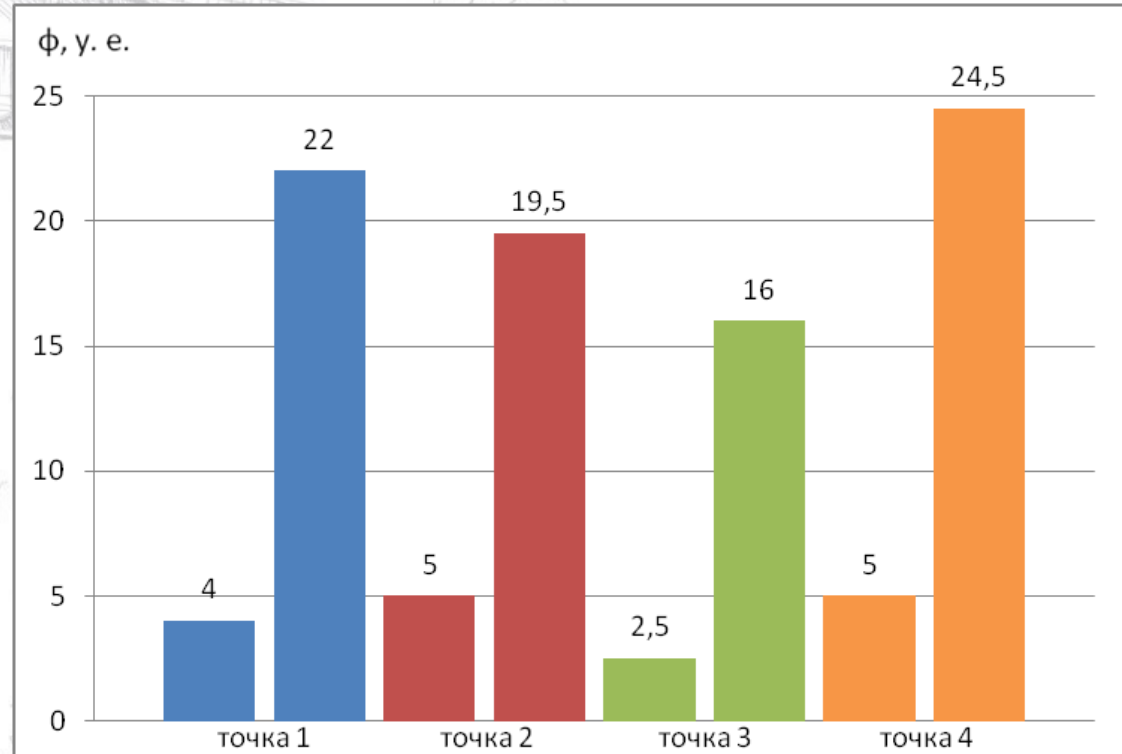


Моделирование условий «Осень».





Результаты эксперимента по увлажнению кирпичной Моделирование условий «Осень».





ФАУ «РОСКАПСТРОЙ»
МИНИСТРСТВА РОССИИ

1998 - The Cathedral of Nicosia (Sicily) Спустя 25 лет после инъекции.



ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖКХ
ПРИ МИНИСТРЕ РОССИИ



МОНИТОРИНГ
информационно-аналитическая система

Восстановление горизонтальной гидроизоляции по технологии “System Baumann”





Санкт-Петербург, Английский пр., д.13.

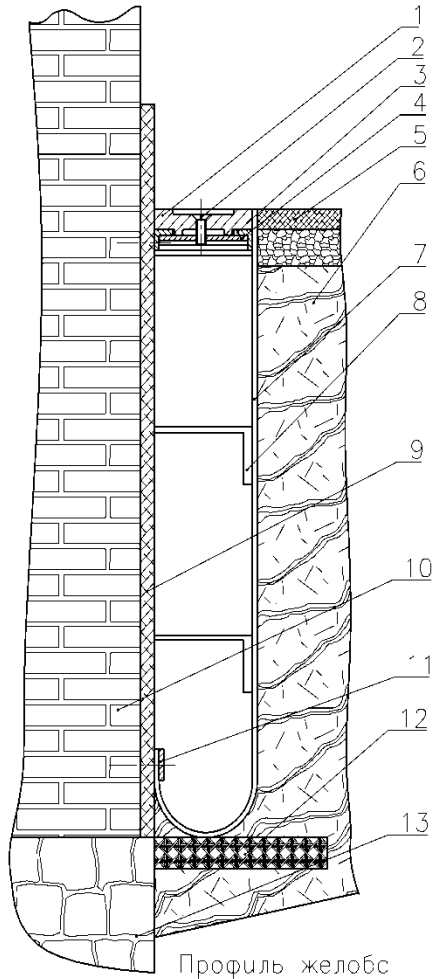
**до (1996 год) и после (2020 год) пробивки
цокольной части листами нержавеющей стали**





ФАУ «РОСКАПСТРОЙ»
МИНСТРОЙ РОССИИ

Пристенный лоток – решение проблемы культурного слоя.



ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖКХ
ПРИ МИНСТРОЕ РОССИИ

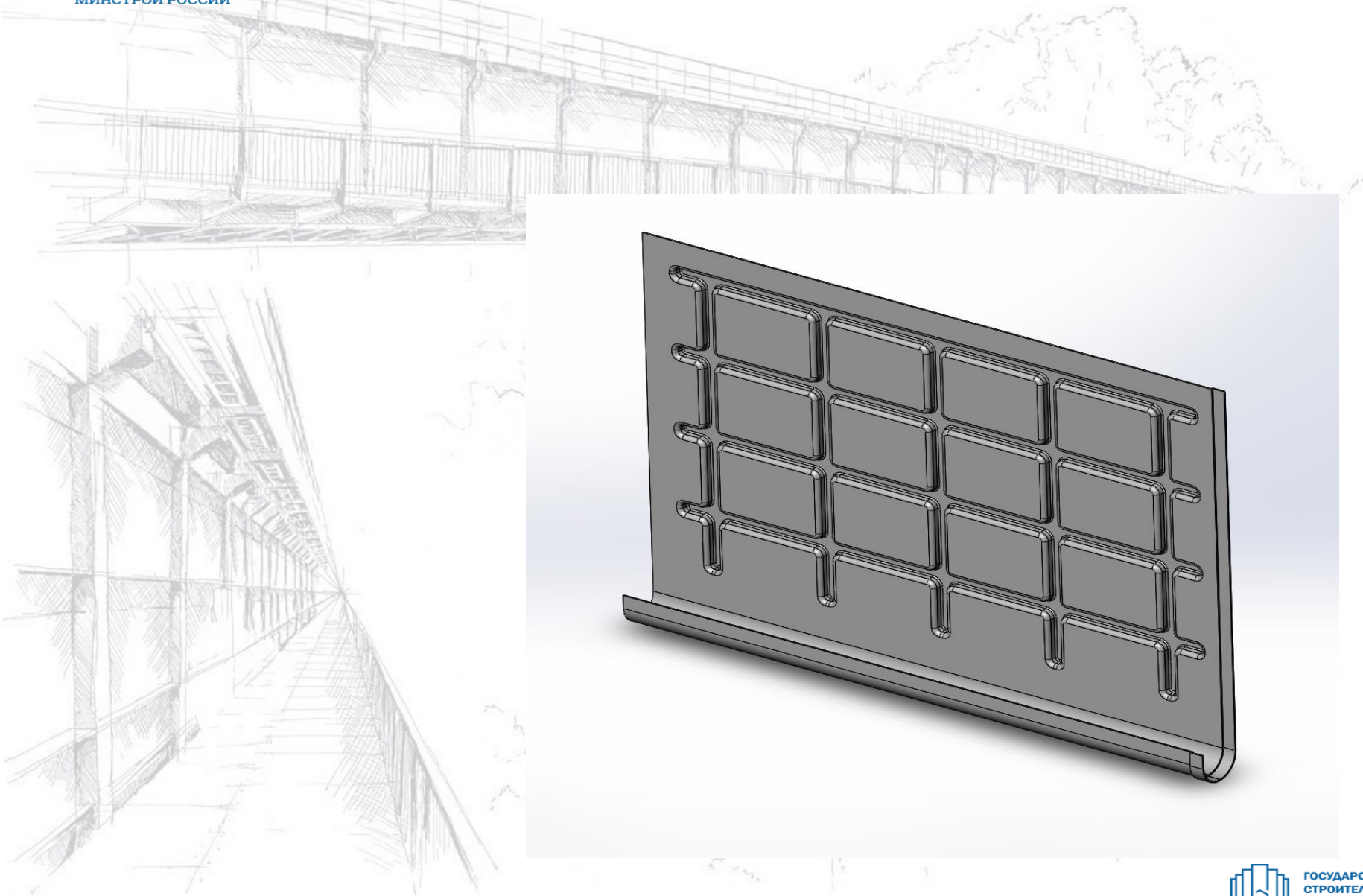


МОНИТОРИНГ
информационно-аналитическая система



ФАУ «РОСКАПСТРОЙ»
МИНСТРОЙ РОССИИ

Конструкция пристенного лотка из стеклопластика



ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖКХ
ПРИ МИНСТРОЕ РОССИИ



МОНИТОРИНГ
информационно-аналитическая система



ФАУ «РОСКАПСТРОЙ»
МИНСТРОЙ РОССИИ

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ

Старцев С.А., эксперт ФАУ «РосКапСтрой»,
генеральный директор ООО «БиоспейсСтрой»
Моб. тел. +7 (911) 134-60-39
www.biospacestroy.ru

