

© SunSpire Art group

## **Методические рекомендации**

к проведению виртуальных лабораторных опытов  
по исследованию свойств самоуплотняющегося бетона

Тверь – 2014

## Лабораторная работа №1

«Испытание самоуплотняющейся бетонной смеси на распылыв с помощью конуса Абрамса (Slump-flow test)»

**Цель работы:** оценка подвижности и скорости расплыва самоуплотняющегося бетона по EN 12350-1, «Испытание бетонной смеси Часть 1: Взятие проб». Измеряется диаметр расплыва конуса и время растекания бетонной смеси до достижения диаметра 500 мм.

**Оборудование:** конус Абрамса из нержавеющей стали; пластина основания (см. рис. 1) с гладкой поверхностью размерами 1000x1000 мм с разметкой 500 мм – круга и центра (для позиционирования конуса). Толщина пластины не менее 2 мм. Поверхность пластины должна быть плоской, неабсорбирующей, стойкой к воздействию бетона и не ржаветь. Конструкция пластины не должна допускать искривления в процессе эксплуатации. Отклонение от плоскостности не должно превышать 3 мм в любой точке, в случае если по центру противоположных сторон установлена поверочная линейка.

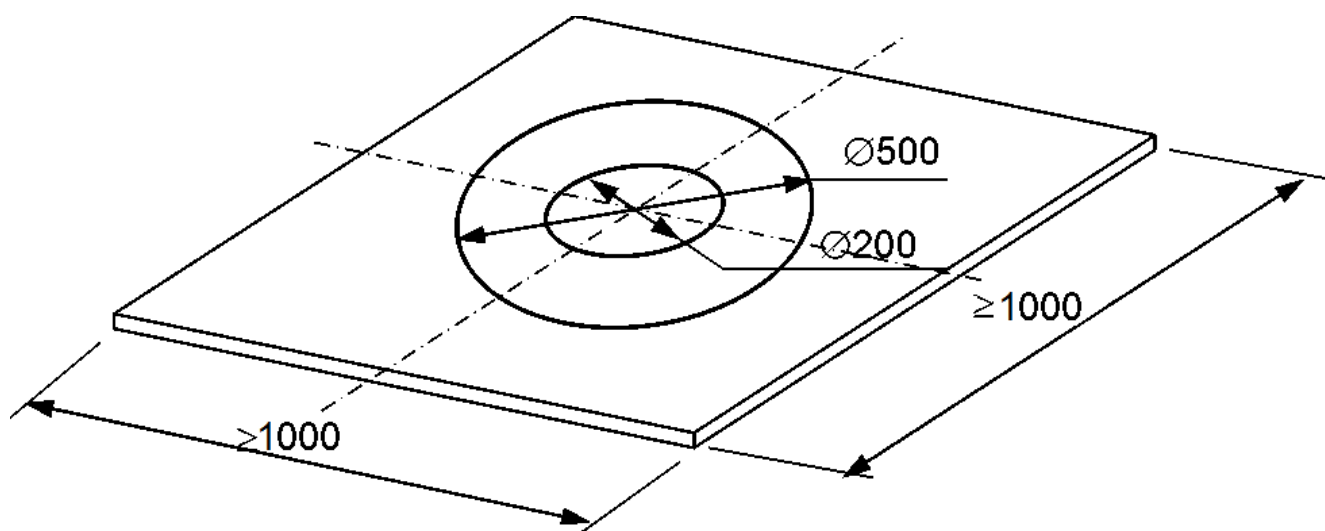


Рис. 1. Пластина основания с разметкой

**Испытание:** конус заполняется свежеприготовленной бетонной смесью без уплотнения. Не позже 90 секунд после наполнения конус поднимается вверх. Сразу включается секундомер. По мере достижения смесью диаметра 500 мм осуществляется фиксация времени. После завершения растекания определяется диаметр расплыва бетонной смеси в диаметрально противоположных направлениях. Среднее значение является показателем расплыва конуса.

**Обработка результатов испытания:** результатом является показатель удобоукладываемости самоуплотняющегося бетона по величине диаметра расплыва конуса. Время  $t_{500}$  является мерой скорости расплыва и вязкости (см. табл.).

**Таблица 1.** Классы консистенции бетонной смеси

Класс по расплыву	Диаметр, мм
SF1	550-650
SF2	660-750
SF3	760-850
Класс вязкости	Время, $t_{500}$ , с
VS1	$< 2$
VS2	$\geq 2$

### Инструкция по работе с программой



1. Щелчком левой кнопки мыши по значку №1 выбирается состав бетонной смеси. В виртуальной лабораторной работе предлагаются 6 экспериментально апробированных составов самоуплотняющегося бетона, отличающихся дозировками сырьевых компонентов.



2. Щелкнув левой кнопкой мыши по значку №2, произойдет сборка лабораторной установки – конуса Абрамса и загрузочной воронки, после чего бетонная смесь будет залита в конус.



3. Щелчком левой кнопки мыши по значку №3 конус поднимается и происходит растекание бетонной смеси по пластине основания. В данном режиме трехмерный вид лабораторной работы можно вращать и масштабировать. Вращение производится нажатием левой кнопки и перемещением мыши, в том случае, если указатель мыши находится не на размерных линиях. Изменение масштаба трехмерного вида производится вращением колесика мыши.

Для осуществления замеров расплыва бетонной смеси наведите указатель мыши на размерные линии и переместите указатель при нажатой левой кнопкой мыши в направлении оси замера. Замеры производятся в двух перпендикулярных направлениях. Точность измерений составляет 1 мм.



4. Сброс параметров опыта осуществляется щелчком левой кнопки мыши на значок №4, после чего опыт можно производить заново. Исходные дозировки компонентов бетона, а также, результаты измерений заносятся пользователем в специальный лабораторный журнал, рекомендуемый вид которого прилагается к данному лабораторному курсу.



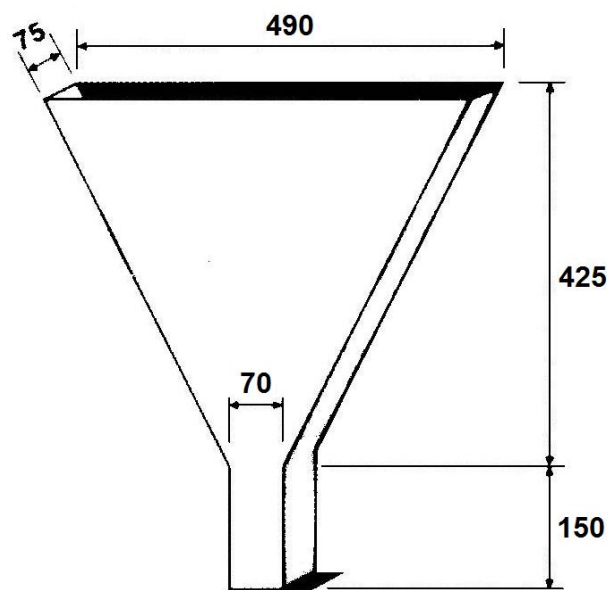
5. Щелчок левой кнопки мыши на значке в правом верхнем углу экрана приведет к закрытию программы.

## Лабораторная работа №2

«Испытание самоуплотняющейся бетонной смеси  
в V-образной воронке (V-funnel test)»

**Цель работы:** определение скорости протекания и вязкости самоуплотняющегося бетона. Измеряется время вытекания бетонной смеси из V-образной воронки.

**Оборудование:** V-образная воронка на ножках из нержавеющей стали с открывающейся задвижкой (см. рис. 2) и насадка для облегчения заполнения воронки бетонной смесью.



**Рис. 2.** Конструкция V-образной воронки для испытания самоуплотняющегося бетона на вязкость

**Испытание:** с использованием насадки воронка заполняется бетоном в количестве 12 литров. Одновременно с открытием задвижки включается секундомер, при помощи которого фиксируется время прохождения бетона через воронку.

**Обработка результатов испытания:** результатом испытания является время истечения бетонной смеси из воронки, соответствующее классу вязкости бетона (см. табл.).

**Таблица 2.** Классы консистенции бетонной смеси

Класс вязкости	Время, с
VF1	< 9
VF2	9...25

## Инструкция по работе с программой



1. Щелчком левой кнопки мыши по значку №1 выбирается состав бетонной смеси. В виртуальной лабораторной работе предлагаются 6 экспериментально апробированных составов самоуплотняющегося бетона, отличающихся дозировками сырьевых компонентов.



2. Щелкнув левой кнопкой мыши по значку №2, произойдет установка вспомогательной загрузочной воронки, после чего бетонная смесь будет залита в V-образную воронки.



3. Щелчком левой кнопки мыши по значку №3 затвор V-образной воронки открывается, производится замер времени и происходит истечение бетонной смеси из воронки. В данном режиме трехмерный вид лабораторной работы можно вращать и масштабировать. Вращение производится нажатием левой кнопки и перемещением мыши. Изменение масштаба трехмерного вида производится вращением колесика мыши. Габариты лабораторной установки изображаются на экране.



4. Сброс параметров опыта осуществляется щелчком левой кнопки мыши на значок №4, после чего опыт можно производить заново. Исходные дозировки компонентов бетона, а также, результаты измерений заносятся пользователем в специальный лабораторный журнал, рекомендуемый вид которого прилагается к данному лабораторному курсу.



5. Щелчок левой кнопки мыши на значке в правом верхнем углу экрана приведет к закрытию программы.

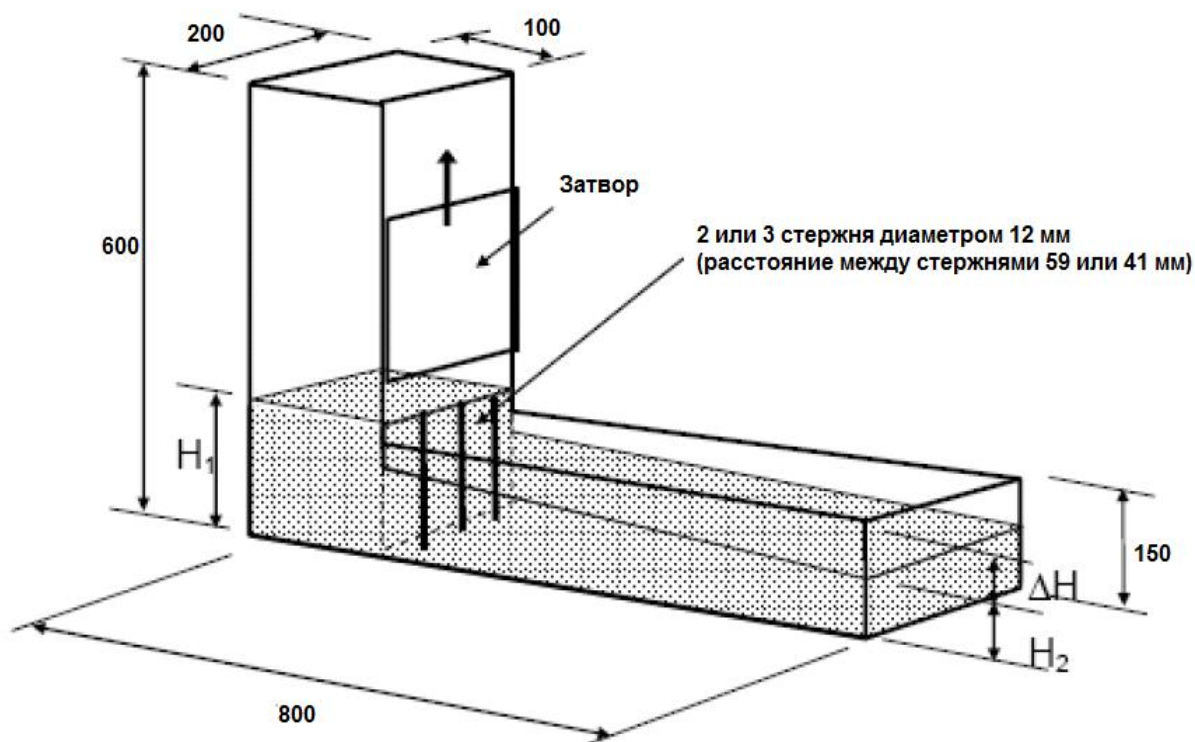
## Лабораторная работа №3

### «Испытание самоуплотняющейся бетонной смеси в L-образном ящике (L-box test)»

**Цель работы:** оценка формуемости самоуплотняющегося бетона путем определения растекаемости и способности преодолевать препятствия из стержней бетонной смесью.

Формуемость характеризует поведение бетонной смеси при прохождении узких мест, например, между стержнями арматуры без расслоения и агломерации крупного заполнителя. Существуют две разновидности испытания: с 2-мя стержнями и с 3-мя стержнями. Испытание с 3 стержнями моделирует более плотное армирование.

**Оборудование:** L-образный ящик с длиной основания 800 мм, в котором для имитации арматуры установлены стержни (см. рис. 3). В конструкции ящика имеются задвижка и воронка для его заполнения.



**Рис. 3.** Конструкция L-образного ящика для испытания самоуплотняющегося бетона на формуемость

**Испытание:** при помощи воронки вертикальная часть ящика полностью заполняется бетоном. Не ранее 60 секунд затвор поднимается, и бетон проходит через ряд вертикальных стержней, имитирующих арматуру, и растекается по горизонтальной части ящика. После завершения процесса растекания измеряют уровни бетона в месте заполнения ( $H_1$ ) и в месте достижения крайнего положения ( $H_2$ ). Дополнительно может измеряться время достижения бетона отметки 200 и 400 мм

в горизонтальной части ящика, позволяющее говорить о заполняющей способности самоуплотняющегося бетона.

**Обработка результатов испытания:** результатом работы являются измеренные отметки поверхности бетонной смеси  $H_1$  и  $H_2$ . Класс консистенции бетонной смеси определяется отношением  $H_2/H_1$  (см. табл. 3). Отношение высот  $H_2/H_1$  должно быть не менее 0,8.

**Таблица 3.** Классы консистенции бетонной смеси

Класс	Проходимость
PL1 <sup>1)</sup>	$\geq 0,8$ для двух арматурных стержней
PL2 <sup>2)</sup>	$\geq 0,8$ для трех арматурных стержней

<sup>1)</sup> для шага арматуры в конструкции 80...100 мм

<sup>2)</sup> для шага арматуры 60...80 мм

### Инструкция по работе с программой



1. Щелчком левой кнопки мыши по значку №1 выбирается состав бетонной смеси. В виртуальной лабораторной работе предлагаются 6 экспериментально апробированных составов самоуплотняющегося бетона, отличающихся дозировками сырьевых компонентов.



2. Щелкнув левой кнопкой мыши по значку №2, произойдет установка вспомогательной загрузочной воронки, после чего бетонная смесь будет залита в L-образный ящик.



3. Щелчком левой кнопки мыши по значку №3 затвор открывается, происходит заполнение бетонной смесью горизонтальной части ящика. В данном режиме трехмерный вид лабораторной работы можно вращать и масштабировать. Вращение производится нажатием левой кнопки и перемещением мыши. Изменение масштаба трехмерного вида производится вращением колесика мыши. Габариты лабораторной установки изображаются на экране.

Для осуществления замеров отметок поверхности бетонной смеси наведите указатель мыши на красные маркеры на верхних торцах вертикальной и горизонтальной частей L-образного ящика. Точность измерений составляет 1 мм.



4. Сброс параметров опыта осуществляется щелчком левой кнопки мыши на значок №4, после чего опыт можно производить заново. Исходные дозировки компонентов бетона, а также, результаты измерений заносятся пользователем в специальный лабораторный журнал, рекомендуемый вид которого прилагается к данному лабораторному курсу.



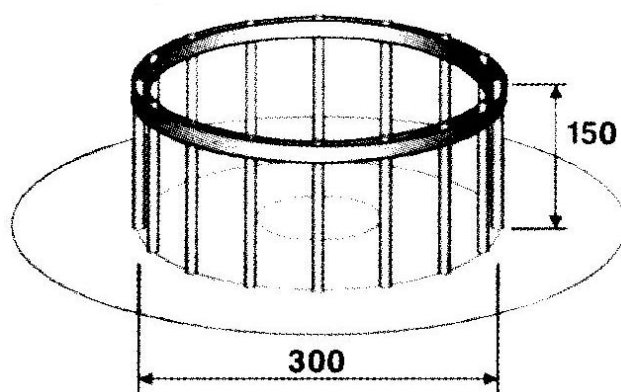
5. Щелчок левой кнопки мыши на значке в правом верхнем углу экрана приведет к закрытию программы.

## Лабораторная работа №4

### «Испытание самоуплотняющейся бетонной смеси в J-образном кольце (J-ring test)»

**Цель работы:** определение проходимости самоуплотняющегося бетона через блокировочное кольцо, а также, изменение диаметра расплыва конуса. Измеряются высоты бетонной смеси  $H_0$  внутри кольца и в 4 точках снаружи  $H_1$ , а также диаметр расплыва конуса.

**Оборудование:** блокировочное кольцо (рис. 4) диаметром 300 мм с закрепленными гладкими металлическими стержнями диаметром 18 мм, конус Абрамса из нержавеющей стали; пластина основания с гладкой поверхностью размерами 1000x1000 мм с разметкой 500 мм – круга и центра (для позиционирования конуса). Толщина пластины не менее 2 мм. Поверхность пластины должна быть плоской, неабсорбирующей, стойкой к воздействию бетона и не ржаветь. Конструкция пластины не должна допускать искривления в процессе эксплуатации. Отклонение от плоскостности не должно превышать 3 мм в любой точке, в случае если по центру противоположных сторон установлена поверочная линейка.



**Рис. 4.** Конструкция J-образного кольца для испытания самоуплотняющегося бетона на проходимость

**Испытание:** конус заполняется свежеприготовленной бетонной смесью без уплотнения. Не позже 90 секунд после наполнения конус поднимается вверх. После завершения растекания определяется диаметр расплыва бетонной смеси в диаметрально противоположных направлениях. Среднее значение является показателем расплыва конуса. Измеренный диаметр расплыва конуса сравнивается с диаметром расплыва без блокировочного кольца (см. лаб. раб. №1). Измеряются: высота бетонной смеси по центру внутри кольца ( $H_0$ ), а также, высоты в 4 точках снаружи ( $H_1$ ).

**Обработка результатов испытания:** результатом работы являются значения высот бетонной смеси  $H_0$  и  $H_1$ . Класс консистенции бетонной смеси определяется как разница  $H_0 - H_1$  (см. табл. 4).



**Таблица 4. Классы консистенции бетонной смеси**

Класс	Проходимость, мм
PJ1	$\leq 10$ для 12 стержней
PJ2	$\leq 10$ для 16 стержней

\* Также измеряется уменьшение расплыва бетонной смеси, которое должно быть  $\leq 100$  мм

### Инструкция по работе с программой



1. Щелчком левой кнопки мыши по значку №1 выбирается состав бетонной смеси. В виртуальной лабораторной работе предлагаются 6 экспериментально апробированных составов самоуплотняющегося бетона, отличающихся дозировками сырьевых компонентов.



2. Щелкнув левой кнопкой мыши по значку №2, произойдет сборка лабораторной установки – перевернутого конуса, загрузочной воронки и блокировочного кольца с 12 стержнями, после чего бетонная смесь будет залита в конус.



3. Щелчком левой кнопки мыши по значку №3 происходит растекание бетонной смеси через блокировочное кольцо по пластине основания. В данном режиме трехмерный вид лабораторной работы можно вращать и масштабировать. Вращение производится нажатием левой кнопки и перемещением мыши. Изменение масштаба трехмерного вида производится вращением колесика мыши.

Для осуществления замеров отметок поверхности бетонной смеси наведите указатель мыши на красные маркеры. Для осуществления замеров расплыва бетонной смеси наведите указатель мыши на размерные линии и переместите указатель при нажатой левой кнопкой мыши в направлении оси замера. Замеры производятся в двух перпендикулярных направлениях. Точность измерений составляет 1 мм.



4. Сброс параметров опыта осуществляется щелчком левой кнопки мыши на значок №4, после чего опыт можно производить заново. Исходные дозировки компонентов бетона, а также, результаты измерений заносятся пользователем в специальный лабораторный журнал, рекомендуемый вид которого прилагается к данному лабораторному курсу.



5. Щелчок левой кнопки мыши на значке в правом верхнем углу экрана приведет к закрытию программы.

## Лабораторная работа №5

«Испытание образцов самоуплотняющегося бетона на прочность при сжатии (Compressive strength test)»

**Цель работы:** определение класса самоуплотняющегося бетона по прочности на сжатие. Измеряется нагрузка разрушения.

**Оборудование:** пресс гидравлический.

**Испытание:** образцы подвергают визуальному осмотру (дефектные образцы испытаниям не подлежат), взвешивают, определяют среднюю плотность. Испытуемый образец устанавливают на нижнюю плиту гидравлического пресса так, чтобы направление разрушающей силы было параллельно слоям бетонной смеси при ее уплотнении. Нарастание нагрузки на образец должно быть постепенным. Скорость нарастания нагрузки должна быть в пределах  $(0,6 \pm 0,4)$  МПа в секунду.

**Обработка результатов испытания:** предел прочности бетона в МПа ( $\text{кгс}/\text{см}^2$ ) вычисляют по формуле:  $R = \alpha (P/F)$ , где  $P$  – разрушающая сила, Н ( $\text{кгс}$ );  $F$  – площадь поперечного сечения образца,  $\text{мм}^2$  ( $\text{см}^2$ );  $\alpha$  – масштабный коэффициент. В виртуальной лабораторной работе испытываются образцы–кубики размером  $10 \times 10 \times 10$  см (масштабный коэффициент  $\alpha = 0,95$ ).

### Инструкция по работе с программой



1. Щелчком левой кнопки мыши по значку №1 выбирается состав самоуплотняющегося бетона. В виртуальной лабораторной работе предлагаются 6 экспериментально апробированных составов самоуплотняющегося бетона, отличающихся дозировками сырьевых компонентов. После выбора состава бетона пользователю предлагается выбрать возраст образцов для испытания – 3, 7 и 28 суток



2. Щелкнув левой кнопкой мыши по значку №2, произойдет установка образца-кубика  $10 \times 10 \times 10$  см на нижнюю плиту гидравлического пресса.



3. Щелчком левой кнопки мыши по значку №3 включается нагружение образца до полного разрушения. При этом фиксируется величина сжимающей силы в кН, которая отображается на электронном табло пресса. Трехмерный вид лабораторной работы можно вращать и масштабировать. Вращение производится нажатием левой кнопки и перемещением мыши. Изменение масштаба трехмерного вида производится вращением колесика мыши.



4. Сброс параметров опыта осуществляется щелчком левой кнопки мыши на значок №4, после чего опыт можно производить заново. Исходные дозировки компонентов бетона, а также, результаты измерений заносятся пользователем в специальный лабораторный журнал, рекомендуемый вид которого прилагается к данному лабораторному курсу.



5. Щелчок левой кнопки мыши на значке в правом верхнем углу экрана приведет к закрытию программы.