



Получена: 15.09.2017 г.

Приета: 09.02.2018 г.

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СРЕДСТВОТО ЗА УПЛЪТНЯВАНЕ НА БЕТОННАТА СМЕС ПРИ БЕЗКОФРАЖНА ТЕХНОЛОГИЯ

Евг. Богданова¹

Ключови думи: уплътняване, безкофражна технология, автоклавен клетъчен бетон, зидани конструкции

РЕЗЮМЕ

За уплътняването на бетонната смес при безкофражна технология е необходимо да бъдат подбрани правилно вибриращите средства и да бъде съставена работна схема.

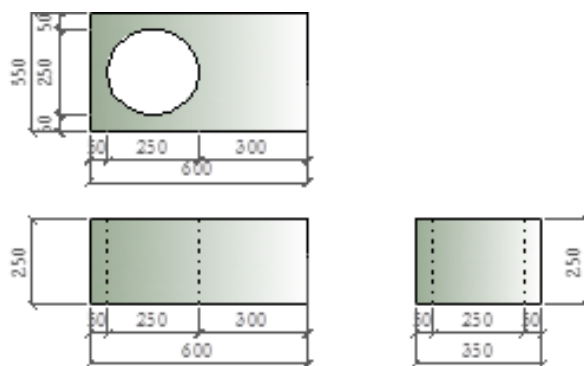
В доклада са дадени насоки за начина на работа.

1. Въведение

В настоящата разработка под „безкофражна технология за изпълнение на вертикални елементи” се има предвид използването на блокове от автоклавен клетъчен бетон (АКБ) с отвор, за оставащ кофраж при изпълнението на стоманобетонни колони. Блоковете от АКБ се произвеждат с различна плътност и геометрични размери, като асиметрично на блока е направен кръгъл отвор, чийто диаметър също може да варира – фиг. 1.

Съгласно [1] са разработени три метода на изпълнение по безкофражна технология, които обхващат следните процеси: иззиждане, армиране, бетониране. Поради спецификата на работа от изключителна важност е правилното протичане на тези процеси, като целта е да се получи стоманобетонен елемент, неразличим от произвежданите по традиционния начин.

¹ Евгения Богданова, ас. д-р инж., кат. „Технология и механизация на строителството”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: eng_bogdanova@abv.bg



Фиг. 1. Геометрични размери на блок от АКБ с отвор

Важен технологичен етап за получаването на елемент с висока якост и плътност е уплътняването на бетонната смес, чрез избутване и изместване на увлечения въздух по време на полагането ѝ. При уплътняването бетонната смес заема по-добре кофражната форма и се получава елемент, който максимално отговаря на геометричните размери и форма, предвидени в проекта.

Първоначално при вибрирането енергията на трептенията се изразходва за преодоляване на вътрешното съпротивление от триенето и сцеплението между частиците на бетонната смес, като постепенно я превръща от аморфно разбухнато тяло в тежка течност.

В процеса на трептеливото движение частиците на едрия пълнител се наслояват най-плътено, като всички празнини между тях се запълват с повече разтвор, поради това, че той е станал по-подвижен. В резултат настъпва по-интензивно изтласкване на водата и на въздуха от порите. С прекратяване на вибрирането се прекъсва трептеливото движение на бетонната смес, вследствие на което тя загубва подвижността си и добива значителна структурна якост.

С развитието на монолитното строителство са навлезли различни ефективни методи за създаване на вибрационно въздействие (вибриране), под действието на което въздухът във вътрешността самостоятелно се издига на повърхността.

Средствата за уплътняване на бетонната смес за вертикални елементи са:

- външни вибратори (окачени), използвани за генериране на вибрации при полагане на бетонна смес на гъсто армирани стоманобетонни тънкостенни конструкции чрез елементите на кофражната форма.
- вътрешни (потопящи се) вибратори, използват се при полагане на бетонна смес за големи обемни и масивни структури – колони, фундаменти, подпорни стени, плочи с голяма дебелина и др.

2. Анализ

За да могат да бъдат дадени насоки за използването на най-подходящото средство за уплътняване по безкофражна технология, е необходимо да бъде направен анализ на възможностите за работа.

2.1. Характеристики на блока

Таблица 1. Блокове от АКБ с отвор, произведани в България

Страна производител	L, mm	B, mm	H, mm	φ, mm	ρ, kg/m ³
България	600	350	250	250	350
	600	300	250	200	350
	600	250	250	160	350

2.2. Видове вибратори, подходящи за работа при безкофражна технология

От направеното въведение може да се обобщи, че за уплътняването на стоманобетонния елемент, изпълняван по безкофражна технология е целесъобразно да се използва потапящ се вибратор, тъй като другите видове са неприложими.

Таблица 2. Вътрешни вибратори – характеристики и област на приложение [2]

Диаметър на иглата	Препоръчителна честота на вибраране за минута	Средно аритметична амплитуда	Центробежна сила	Радиус на действие	Приложение
mm	Hz	mm	kg	cm	
20 – 40	150 – 250	0,4 – 0,8	45 – 180	8 – 15	Пластична и течна консистенция – за много тънки елементи и затворени обеми
30 – 60	141 – 209	0,5 – 1,0	140 – 400	13 – 25	Пластична консистенция – за тънки стени, колони, греди
50 – 90	133 – 200	0,6 – 1,3	320 – 900	18 – 36	Твърдо пластична консистенция – за стени, колони, греди, големи количества бетон

2.3. Изчислителни резултати

Радиусът на действие на вибратора се определя чрез сравняване на амплитудата на трепнене A , получена по формула 1 [3] и минималната допустима A_{mindon} в зависимост от формуемостта.

$$A = A_1 \sqrt{\frac{r_1}{r_2} e^{-\beta(r_2 - r_1)}}, \quad (1)$$

където A е амплитуда на трептене на бетонните частици в mm;

A_1 – амплитуда на трептене на повърхността на вибратора в mm;

r_1 – радиус на иглата на потапящия се вибратор в m;

r_2 – радиус на действие на вибратора в m;

β – коефициент на затихване на амплитудата в cm^{-1} .

За да се определи амплитудата на трептене на вибратора се използва формула 1. Данните ще бъдат сравнени с минималната допустима амплитуда за силно пластична консистенция F3. Съгласно [3] $A_{\text{mindon}} = 0,06 \div 0,009$ за честота на трептене $f = 47 - 250$ Hz и формируемост $s = 4 - 12$ cm.

Таблица 3. Амплитуда на трептене на вибратори с различни диаметри на иглите

Диаметър на иглата	mm		25	28	35	50
Амплитуда на трептене по повърхността на вибратора	mm	A_1	0,27	0,35	0,28	0,4
Радиус на иглата	m	r_1	0,0125	0,014	0,0175	0,025
Дължина на иглата	mm	l	338	390	395	415
Честота на трептене	Hz	f	300	200	300	250
Коефициент на затихване на амплитудата на трепетливото движение на бетонната смес	cm^{-1}	β	0,03	0,03	0,03	0,06
Разстояние от оста на вибрационната игла до точката, до която се търси амплитудата A (радиус на действие на вибрационната игла)	m	r_2	0,4	0,4	0,4	0,25
Минимална амплитуда	mm	A_{mindon}	0,009	0,01	0,009	0,01
Амплитуда на трептене	mm	A	0,047	0,065	0,058	0,126

Извод: При разгледаните видове вибратори $A \geq A_{\text{mindon}}$. Препоръчва се максималният диаметър на иглата на потапящия вибратор да бъде 40 mm при блокове с отвори 25 cm.

За да се определи продължителността на вибриране на едно място за силно пластична консистенция F3, съгласно [3] $t_1 = (5 \div 20) K_0$. Данните са дадени в табл. 4.

Таблица 4. Продължителност на вибрирането

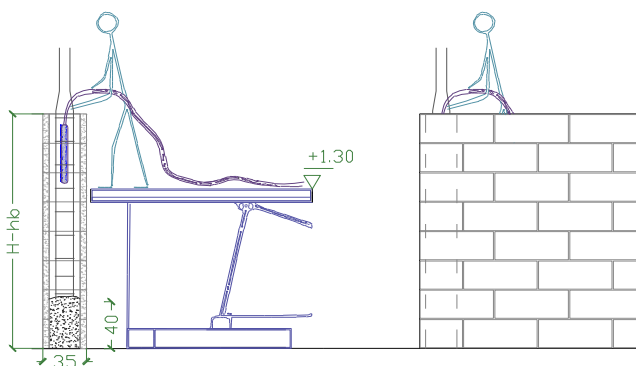
Коефициент $K_0 = h/l$	Продължителност на вибрирането $t_1,$ s
0,6	3 ÷ 12
0,7	3,5 ÷ 14
0,8	4 ÷ 16
0,9	4,5 ÷ 18

2.4. Технологична карта на работа

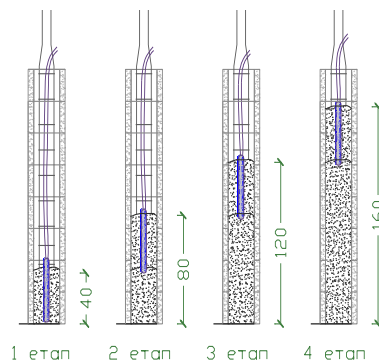
За уплътняването на бетонната смес трябва да бъдат осигурени здравословни и безопасни условия на труд. Работникът трябва да е стъпил върху здрава и устойчива основа на подходяща височина, в зависимост от метода на изпълнение по безкофражна технология. Работната площадка може да бъде един от следните варианти:

- работно скеле;
- подвижна работна стълба със стабилизатори;
- ножична платформа;
- работни конзолни площадки.

На фиг. 2 е дадена технологичната схема на работа по „Цялостен метод” [1].



Фиг. 2. Технологична схема



Фиг. 3. Етапи на изпълнение на уплътнението на бетонната смес

Технологическата карта е разработена за изпълнение на уплътняването на бетонната смес на стоманобетонни колони по безкофражна технология при използване на „Цялостен метод”. При този метод етапите са:

- иззиждане на блокове на цялата етажна височина;
- монтаж на армировъчния скелет за цялата височина;
- бетониране на вертикалните елементи

Технологията на изпълнение на уплътняването включва полагане на първи пласт на бетонната смес и нейното уплътняване, след което следва втори пласт и т.н., до достигане на проектната височина. Препоръчителната височина на пласта е около 40 cm, фиг. 3, като дължината на иглата на вибратора трябва да бъде $l = (0,6 - 0,9)h$. Височината на полагане на бетонната смес е светлата височина на помещението H , намалена с височината на гредата hb . За разгледания случай е прието височината на бетониране да бъде 2 m.

Бетонната смес се подава с помощта на бункерна кофа с централно изсипване и гъвкав хобот. Продължителността на изпълнение е дадена в табл. 5.

Таблица 5. Продължителност на изпълнение

наименование	продължителност на процеса [min]												
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5			
почистване на дъното на отвора от попаднал разтвор	1												
монтаж на армировъчния скелет			1										
полагане на първи пласт на бетонната смес				1									
уплътнение на бетонната смес					1								
полагане на втори пласт на бетонната смес						1							
уплътнение на бетонната смес							1						
полагане на трети пласт на бетонната смес								1					
уплътнение на бетонната смес									1				
полагане на четвърти пласт на бетонната смес										1			
уплътнение на бетонната смес											1		
полагане на пети пласт на бетонната смес												1	
уплътнение на бетонната смес													1

За съставяне на табл. 5 са използвани времена, измерени и изчислени от автора.

3. Изводи и препоръки

От извършеното проучване е направено заключение, че за уплътнението на бетонната смес при изпълнение по безкофражна технология е целесъобразно да бъдат използвани потапящи се вибратори. Направените изчисления водят до извода, че необходимото уплътнение може да бъде постигнато чрез вибратори с минимален диаметър на иглите, като препоръчителната продължителност на вибриране е 3 – 18 s, с един бод на иглата за силно пластична консистенция F3.

Трябва да се съблюдава и максималният размер на диаметъра на иглата, предвид геометричните характеристики на блока с отвор и монтирания армировъчен скелет.

За отвор на блока 160 mm – вибратор с диаметър на иглата 25 mm;
За отвор на блока 200 mm – вибратор с диаметър на иглата 28 mm;
За отвор на блока 250 mm – вибратор с диаметър на иглата 40 mm.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Богданова, Евг.* Безкофражна технология за изграждане на вертикални елементи при нискоетажни сгради от автоклавен клетъчен бетон в сеизмични райони. Дисертация, София, 2017 г.
2. Guide for Consolidation of Concrete Reported by ACI Committee 309, 1996.
3. *Петков, Й., Заркова, Л., Дончев, Ч.* Технология на строителното производство – сборник от задачи. Техника, 1994.
4. *Вълев, В.* Технология на строителното производство. Техника, 1964.

ESTIMATION OF VIBRATION TYPE USING NON-FORMWORK TECHNOLOGY

Evg. Bogdanova¹

Keywords: *concrete vibrator, non-formwork technology, autoclaved aerated concrete, masonry*

ABSTRACT

For compaction of the concrete mixture in non-formwork technologies, it is necessary to select the appropriate concrete vibrator and to draw up a working scheme.

The paper presents results suitable for practical use.

¹ Evgenia Bogdanova, Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. “Construction Technology and Mechanisation”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd, Sofia 1046, e-mail: eng_bogdanova@abv.bg