

Согласовано:

\_\_\_\_\_ М.М. Коспанов

Начальник ДСИР АО «ТНК «Казхром»  
«\_\_\_\_\_» мая 2016 года

Директор ТОО «ЛотосАқтөбе»  
\_\_\_\_\_ С.К. Сарбасов

«\_\_\_\_\_» мая 2016 года

Генеральный директор  
ТОО «Стройдеталь»  
\_\_\_\_\_ А.Ф. Симонов  
«\_\_\_\_\_» мая 2016 года

Утверждаю:

\_\_\_\_\_ М.Я.Бикбау

Генеральный директор  
ОАО «Московский ИМЭТ»,  
акад. РАЕН,  
«\_\_\_\_\_» мая 2016 года

Генеральный представитель  
ОАО «Московский ИМЭТ» в РК и ЦА  
\_\_\_\_\_ Е.Б. Карсыбаев

«\_\_\_\_\_» мая 2016 года

## ИТОГОВЫЙ ОТЧЕТ

ПО ОПЫТНО ПРОМЫШЛЕННЫМ ИСПЫТАНИЯМ  
ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЦЕМЕНТА, БЕТОНОВ  
НА ИХ ОСНОВЕ И ИЗДЕЛИЙ  
в период с 29.03.2016 г. по 24.05.2016 г.

Республика Казахстан  
г. Актобе

Российская Федерация  
г. Москва

2016 год

## **Введение**

29.03.2016 года, по инициативе АО «ТНК «Казхром», было инициировано проведение опытно- промышленных испытаний (далее ОПИ) по технологии ОАО «Московский ИМЭТ» - получение наноцементов, бетонов и изделий на их основе. Местом практического проведения ОПИ, было определен действующий завод по выпуску силикатного кирпича ТОО «Лотос Ақтөбе», являющейся дочерней компанией АО «ТНК «Казхром», г. Актобе, Республика Казахстан. Согласно письма ТОО «Лотос Ақтөбе» (исх: № 01-208 от 29.03.2016 г) были поставлены следующие задачи проведения ОПИ:

1. возможность получения промышленных партий наноцементов, на существующих помольных мощностях завода, для собственных нужд и последующей коммерческой реализации;
2. предварительная оценка возможных путей решения, промышленной утилизации обезметалленных шлаков рафинированного феррохрома на основе наноцемента;

Итогом подготовительных работ, явилось подписание договора № 30-02/16 на проведение ОПИ от 18.04.2016 и составлена Программа проведения ОПИ (Приложение №1 к договору №30-02/16).

Партнером в проведении лабораторных исследований, получения изделий из наноцементов и бетонов на их основе, был определен действующий завод по выпуску железобетонных изделий ТОО «Стройдеталь».

Предварительно, с сотрудниками лаборатории ТОО «Стройдеталь», были проведены рабочие консультации по ознакомлению с методикой испытаний наноцементов и бетонов на их основе, представлены сборники докладов, ПНСТ 19-2014 и ТУ 5733-067-066331738-2012 «Наноцемент общестроительный. Технические условия».

### **1. Организация и получение промышленных партий наноцементов**

Практическое получение наноцементов производилось на четвертой технологической линии ТОО «ЛотосАқтөбе».

Состав линии включал: 1) подающее транспортерное устройство, 2) шнековая линия выгрузки, 3) шаровой мельницы D1,5xL5,6 м (модель БШМ 1456А) и расходных материалов: портландцемент марки ПЦ500Д0 тарированный в мешки по 50 кг, кварцевый песок, гипс двухводный, модификатор СЗ.

Заявленная, первоначально представителями ТОО «Лотос Актобе», автоматическая подача исходных материалов в шаровую мельницу по техническим причинам не была осуществлена. Загрузка всех составляющих в шаровую мельницу, производилась вручную, согласно разработанной, специалистами ЗАО «ИМЭТСТРОЙ», программой дозирования и временем подачи, на ленточный питатель с последующей загрузкой непосредственно в горловину мельницы. Каждый час, сотрудниками лаборатории ТОО «ЛотосАқтөбе», производился отбор образцов полученного наноцемента для измерения % остатка на сите №008. По мере увеличения продолжительности работы шаровой мельницы, она набирала оптимальное состояние, в результате уменьшался процент остатка на сите №008, лучший показатель составил 4,7%.

Работа мельницы производилась с 9.20 до 14.00 и с 15.00 до 19.00 часов, в одну смену. Указанное время не учитывает незапланированные остановки, связанные с

возникавшими техническими остановками отключения света, ремонта шнековой линии разгрузки.

**Технология проведения ОПИ** – механохимическая активация готового портландцемента, совместно с кварцевым песком и добавлением модификатора из группы нафталинсульфонатов.

Были определены марки производимых нанощементов – Нано 35, Нано 55, Нано 75.

Справка по БШМ 1456А: данная мельница использовалась ТОО «ЛотосАқтөбе» для помола песка и извести. Перед началом работ, мельница была очищена, были заменены бронеплиты, шары, цильпессы и сетка-перегородка.

- шаровая загрузка в первой камере – 4 тн, во второй – 7 тн;
- производительность линии по нанощементу 3 тн/час;
- форма и размер цильпесов – тупой конус, 16х40 мм;
- размер шаров – от 30 до 80 мм;
- соотношение камер 1:25-1:3
- общий вес шаров – от 3,5 до 4 тн;
- вес цильпесов- 7 тн;

Все весовые замеры песка, гипса и модификатора, производились на напольных электронных весах, посредством ручных технологических емкостей.

Расфасовка готовых марок нанощементов, производилась непосредственно в ПЭТ мешки через линию шнековой выгрузки.

## 2. Физико-механические свойства полученных нанощементов

Специалистами ЗАО «ИМЭТСТРОЙ» совместно с лабораторией ТОО «Стройдеталь», были проведены лабораторные исследования полученных видов нанощементов.

*Протокол №88 от «19» апреля 2016. ИЛ ТОО «Стройдеталь»*

*Обозначение НД на продукцию: ГОСТ 26633-2012 и ПНСТ 19-2014*

*Вид испытаний: основные строительные-технические свойства нанощемента и состава бетонов на их основе.*

### Результаты испытаний Нано 75

*Таблица 1*

| <i>Наименование, единица измерения</i> | <i>НД на методы испытаний</i> | <i>Норма по НД</i>       | <i>Фактический результат</i>                    |
|----------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------|
| <i>Тонкость помола</i>                 | <i>ГОСТ 310.2-76</i>          | <i>Не менее 85</i>       | <i>90,2</i>                                     |
| <i>Сроки схватывания</i>               | <i>ГОСТ 30744-2001</i>        | <i>Не ранее 45 мин</i>   | <i>2 ч 10 мин</i>                               |
|                                        |                               | <i>Не позднее 10 час</i> | <i>4 ч 50 мин</i>                               |
| <i>Нормальная густота, %</i>           |                               | <i>Не нормируется</i>    | <i>18,8</i>                                     |
| <i>R изг, МПа - 2 суток</i>            |                               | <i>Не нормируется</i>    | <i>9,73;<br/>10,4<br/>8,75</i>                  |
| <i>R сж, МПа - 2 суток</i>             |                               | <i>Не менее 40</i>       | <i>41,7; 40,0<br/>52,0; 54,2<br/>37,7; 35,7</i> |
| <i>R изг, МПа - 7 суток</i>            |                               | <i>Не нормируется</i>    | <i>7,6<br/>7,6<br/>6,9</i>                      |
| <i>R сж, МПа - 7 суток</i>             |                               | <i>Не менее 60</i>       | <i>68,6; 65,3<br/>83,3; 76,9<br/>57,3; 58,2</i> |
| <i>R изг, МПа - 28 суток</i>           |                               | <i>Не нормируется</i>    | <i>7,7</i>                                      |

|                                     |                                           |                                |                                        |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|
|                                     |                                           |                                | 8,8<br>9,3                             |
| <b>Рсж, МПа – 28 суток</b>          |                                           | Не менее 72,5<br>Не более 92,5 | 73,7; 67,8<br>80,6; 83,8<br>86,2; 95,2 |
| <b>Водонепроницаемость, W</b>       |                                           |                                | 12                                     |
| <b>Условия проведения испытаний</b> | Температура + 23,4 °C<br>Влажность - 82 % |                                |                                        |
| <b>Осадка конуса, см</b>            | 11,5                                      |                                |                                        |

### Состав и свойства бетонной смеси на основе Нано 75

| №<br>состава               | Расход материалов на 0,015 м³ б/смеси |           |            |         | ОК, см |
|----------------------------|---------------------------------------|-----------|------------|---------|--------|
|                            | Щебень, кг                            | Песок, кг | Цемент, кг | Вода, л |        |
| <b>Базовый<br/>Нано 75</b> | 12,0                                  | 7,0       | 5,0        | 1,5     | 11,5   |

### Результаты испытания бетонных образцов на прочность:

| Наименование                        | 2 суток,<br>кгс/см²                       | 7 суток,<br>кгс/см²   | 28 суток,<br>кгс/см² | Водонепроницаемость |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| <b>Базовый<br/>Нано 75</b>          | 376                                       | 684,6<br>597<br>657,1 | 840,5<br>865,6       | W12                 |
| <b>Условия проведения испытаний</b> | Температура + 23,4 °C<br>Влажность - 82 % |                       |                      |                     |

Протокол №91 от «20» апреля 2016 ИЛ ТОО «Стройдеталь»

Обозначение НД на продукцию: ГОСТ 30515-2013 (по желанию заказчика ПНСТ 19-2014)

Вид испытаний: основные строительно-технические свойства наноцемента и состава бетонов на его основе.

### Результаты испытаний Наноцемент 55

Таблица 2

| Наименование, единица измерения | НД на методы испытаний | Норма по НД                          | Фактический результат                  |
|---------------------------------|------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>Сроки схватывания</b>        | ГОСТ 30744-2001        | Не ранее 45 мин<br>Не позднее 10 час | 4 ч 20 мин<br>5 ч 10 мин               |
| <b>Нормальная густота, %</b>    |                        | Не нормируется                       | 19,7                                   |
| <b>Р изг, МПа – 2 суток</b>     |                        | Не нормируется                       | 8,4<br>8,8<br>9,0                      |
| <b>Рсж, МПа – 2 суток</b>       |                        | Не менее 35                          | 39,0; 35,6<br>35,0; 36,8<br>39,7; 36,6 |
| <b>Р изг, МПа – 7 суток</b>     |                        | Не нормируется                       | 7,0<br>8,3<br>6,4                      |
| <b>Рсж, МПа – 7 суток</b>       |                        | Не менее 55                          | 57,5; 53,4<br>51,4; 53,8<br>55,2; 53,0 |
| <b>Р изг, МПа – 28 суток</b>    |                        | Не нормируется                       | 7,9<br>7,2<br>7,3                      |
| <b>Рсж, МПа – 28 суток</b>      |                        | Не менее 62,5<br>Не более 82,5       | 76,8; 64,6<br>68,8; 63,6<br>64,8; 63,6 |

### Состав и свойства бетонной смеси на основе Нано 55

| №<br>состава       | Расход материалов на 0,015 м³ б/смеси |           |            |         | ОК, см |
|--------------------|---------------------------------------|-----------|------------|---------|--------|
|                    | Щебень, кг                            | Песок, кг | Цемент, кг | Вода, л |        |
| Базовый<br>Нано 55 | 12,0                                  | 7,0       | 5,0        | 1,5     | 5,5    |

### Результаты испытания бетонных образцов на прочность

| Наименование                    | 2 суток,<br>кгс/см²                       | 7 суток,<br>кгс/см² | 28 суток,<br>кгс/см² | Водонепроницаемость |
|---------------------------------|-------------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Базовый<br>Нано 55              | 419,6<br>448                              | 610<br>599,2        | 839,1<br>836,8       | W20                 |
| Условия проведения<br>испытаний | Температура + 22,0 °C<br>Влажность - 78 % |                     |                      |                     |

Протокол №92 от «21» апреля 2016 ИЛ ТОО «Стройдеталь»

Обозначение НД на продукцию: ГОСТ 26633-2012 (по желанию заказчика ПНСТ 19-2014)

Вид испытаний: Вид испытаний: основные строительно-технические свойства наноцемента и состава бетонов на их основе.

Подбор по ГОСТ 27006-86

### Результаты испытаний Нано 35

Таблица 3

| Наименование, единица измерения | НД на методы испытаний | Норма по НД                          | Фактический результат                  |
|---------------------------------|------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| Сроки схватывания               | ГОСТ 30744-2001        | Не ранее 45 мин<br>Не позднее 10 час | 5 ч 20 мин<br>6 ч 10 мин               |
| Нормальная густота, %           |                        | Не нормируется                       | 19,7                                   |
| R изг, МПа – 2 суток            |                        | Не нормируется                       | 4,8<br>3,9<br>4,7                      |
| R сж, МПа – 2 суток             |                        | Не менее 25                          | 18,6; 19,0<br>19,5; 19,4<br>20,0; 19,4 |
| R изг, МПа – 7 суток            |                        | Не нормируется                       | 7,1<br>6,6<br>6,5                      |
| R сж, МПа – 7 суток             |                        | Не менее 40                          | 33,3; 30,5<br>29,6; 30,7<br>29,0       |
| R изг, МПа – 28 суток           |                        | Не нормируется                       | 7,8<br>7,8<br>7,7                      |
| R сж, МПа – 28 суток            |                        | Не менее 42,5<br>Не более 62,5       | 43,2; 43,0<br>44,7; 47,5<br>43,9; 45,4 |

### Состав и свойства бетонной смеси на основе Нано 35

| № состава          | Расход материалов на 0,015 м³ б/смеси |           |            |         | ОК, см |
|--------------------|---------------------------------------|-----------|------------|---------|--------|
|                    | Щебень, кг                            | Песок, кг | Цемент, кг | Вода, л |        |
| Базовый<br>Нано 35 | 12,0                                  | 7,0       | 7,0        | 2,0     | 5,5    |

### Результаты испытания бетонных образцов на прочность

| Наименование                            | 1 сутки,<br>кгс/см <sup>2</sup> | 7 суток,<br>кгс/см <sup>2</sup>           | 28 суток,<br>кгс/см <sup>2</sup> | Водонепроницаемость |
|-----------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| <b>Базовый<br/>Нано 35</b>              | 167,1                           | 288.4<br>245.6<br>282.3                   | 553,0<br>526,9<br>588,6          | W10                 |
| <b>Условия проведения<br/>испытаний</b> |                                 | Температура + 22,0 °C<br>Влажность - 78 % |                                  |                     |

### Сводная таблица испытание прочности наноцементов промышленного выпуска

Таблица 4

| Наименование   | 2 суток       |                | 7 суток       |                | 28 суток      |                |
|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
|                | изгиб,<br>мПа | сжатие,<br>мПа | изгиб,<br>мПа | сжатие,<br>мПа | изгиб,<br>мПа | Сжатие,<br>мПа |
| <b>Нано 75</b> | 3,71          | 36             | 6,9           | 65,3 68,6      | 7,7           | 73,7 67,8      |
|                | 4,16          | 40,7           | 7,6           | 83,3 76,9      | 8,8           | 80,6 83,8      |
|                | 4,43          | 53,1           | 7,6           | 57,3 58,2      | 9,3           | 86,2 95,2      |
| <b>Нано 55</b> | 8,4           | 39,0 35,6      | 7,0           | 57,5 53,4      | 7,9           | 76,8 64,6      |
|                | 8,8           | 35,0 36,8      | 8,3           | 51,4 53,8      | 7,2           | 68,8 63,6      |
|                | 9,0           | 39,7 36,6      | 6,4           | 55,2 53,0      | 7,3           | 64,8 63,6      |
| <b>Нано 35</b> | 4,8           | 18,6 19,0      | 7,1           | 30,3 24,5      |               |                |
|                | 3,9           | 19,5 19,4      | 6,6           | 30,5 29,0      |               |                |
|                | 4,7           | 20,0 19,4      | 6,5           | 29,6 30,7      |               |                |

Анализ полученных результатов показывает, что наноцементы Нано 35; Нано 55; Нано 75 отличаются высоким качеством, все показатели в основном соответствуют требованиям НД и значительно превосходят базовые показатели исходного портландцемента.

Следует особо отметить, что в процессе испытания наноцементов твердение происходило в естественных условиях, без тепловой обработки.

### Составы бетонных смесей лежалых шлаков РФХ на основе Нано 75, их подвижность и прочность

Таблица 5

| Обознач.<br>смесей | Составы бетонных смесей |                         |                                         |           |                     |                                |           | Прочность на сжатие,<br>кгс/см² |                   |                | W  |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|-----------|---------------------|--------------------------------|-----------|---------------------------------|-------------------|----------------|----|
|                    | Нано<br>75              | Щебень,<br>мм 10-<br>20 | Песок<br>монофр.,<br>(строит<br>ельный) | Вода<br>л | Шлак<br>леж.<br>РФХ | Щебень<br>В/У<br>РФХ<br>0-5 мм | ОК,<br>см | 1<br>сутки                      | 2<br>суток        | 28<br>сутки    |    |
| Базовый<br>Нано 75 | 5                       | 12                      | 7                                       | 1,5       | -                   |                                | 11,5      | 263,8                           | 376               | 840,5<br>865,6 | 12 |
| Состав<br>№2       | 5                       | 9                       | 3                                       | 2,0       | 5,5                 |                                | 11,5      | 202,7                           | 253<br>255        | 528,4<br>459,7 | 16 |
| Состав<br>№3       | 5                       | 6,36                    | 3                                       | 1,5       | 2                   | 9,96                           | 11,5      | 203                             | 315<br>291<br>321 | 798<br>707     | 16 |

Испытания с использованием лежалого шлака и щебней РФХ, дали основание считать, что при вводе таких отходов до 22 – 43 % масс. бетонной смеси показатели прочности на сжатие снижаются до уровня бетонов классов В 40 – В 55, незначительно превосходят бетоны на базовом портландцементе. Так состав 3 позволил получить при вводе 43 % масс. отходов, высокопрочный бетон класса В 55.  
*См. Таблицу 5*

### **Выводы по лабораторным испытаниям строительно-технических свойств наноцементов и бетонов на их основе**

Испытания базовых наноцементов и бетонов на их основе, были проведены с использованием щебней применяемых на действующем производстве ТОО «Стройдеталь».

Новотроицким цементным заводом (НЦЗ), были предоставлены физико-механические характеристики, химические и минералогические составы произведенного цемента.

Как видно из *Таблицы 1*, на вторые сутки, Нано 75 показал параметры на сжатие: min 8,75 МПа - max 10,4 МПа и на изгиб: min 35,7 МПа – max 54,2 МПа без термической обработки, с естественным набором прочности. При этом, состав Нано75, имеет в своем составе 75 % цемента.

Высокомарочный ПЦ 500Д0-Н (НЦЗ), имеет средние значения в третьи сутки на изгиб: от 4,3 до 4,6 МПа до 6,9 МПа, а на сжатие: от 29,0 до 32,8 МПа с термической обработкой в тепловой камере.

На 28 сутки Нано 75, показывает значения по R изг: от 6,9 до 7,6 МПа, по R сж: от 65,3 до 83,3 МПа, без термической обработки, тогда как ПЦ500Д0 имеет по R изг: от 6,0 до 6,5 МПа, а по R сж: от 50,0 до 52,0 МПа после термообработки.

При этом водоцементное соотношение по Нано 75 составляет 0,30 (ПЦ500Д0-Н – 0,40)

По *Таблице 2* хорошо прослеживаются физико-механические свойства наноцемента Нано 55, где содержание цемента уже 55%, в отличие от Нано 75.

Отчетливо видно, что параметры на сжатие и изгиб Нано 55, превосходят заявленные параметры ПЦ 500Д0, как на вторые сутки так и на 28 сутки. Набор прочности на Нано 55 производился так же без использования термической обработки.

### **Получение промышленных железобетонных изделий с применением наноцемента Нано 75 опытно-промышленного производства**

Руководством ТОО «Стройдеталь», нам были предложены ЖБИ изделия I и III категории ответственности, которые производятся на данном предприятии, для их производства из наноцемента.

Отобранными изделиями были:

- опора линии электропередач СВ95-2, преднапряженное изделие, *фото 1*;
- крышка колодца КЦД 10, простое армирование изделие, *фото 2*;
- плита дорожная ПДН60.20-30АтV, преднапряженное изделие, *фото 3*;

Для чистоты получения результатов, за основу были взяты технологические карты дозировок, которые ТОО «Стройдеталь» применяет при производстве данных изделий см. *Таблицу 6*.

Оказалось, что при применении высокомарочного цемента ЦЕМ I 42,5, с ТВО t +60 0С (термовлажная обработка), добавлением химической добавки Хидетал ГП9у 0,3% для соблюдения параметров по морозостойкости, дорогого диабазового щебня, ТОО «Стройдеталь» испытывает ряд проблем в производстве своих изделий, таких как:

- трещиностойкость при полной нагрузке изделия, в частности по СВ
- морозостойкость
- нестабильное качество щебня
- при допуске ОК (осадка конуса) на 5 см – увеличивая воду на 1 см, происходит потеря прочности на 20 кг
- высоко содержание свободной извести
- присутствие сухого остатка – минералогия, превышение хлоридов
- удобоукладываемостью бетонной смеси



Фото 1 – опора ЛЭП – СВ92-2



Фото 2 – крышка колодца КЦД 10



Фото 3 – плита дорожная ПДН 60.20-30

Стандартная дозировка бетонных смесей на изделия  
производимых ТОО «Стройдеталь»

Таблица 6

| Номер дозировки    | Класс бетона | Отпуск.проч. | ОК, см | Вид. заполн, мм | Марка цемента и добавки      | Расход цем/доб, кг | Расход заполнителей на м3 бетона, кг |      |      | УТБ |
|--------------------|--------------|--------------|--------|-----------------|------------------------------|--------------------|--------------------------------------|------|------|-----|
|                    |              |              |        |                 |                              |                    | пес                                  | щеб  | вода |     |
| Т8<br>КЦД 10       | В 27,5       | 90           | П1     | Диабаз 5-20     | ЦЕМ I42,5+Хидетал ГП 9у 0,3% | 400/2,0            | 650                                  | 1200 | 155  | ТВО |
| Т11<br>СВ95-2      | В 30         | 90           | П1     | Диабаз 5-20     | ЦЕМ I42,5+Хидетал ГП 9у 0,3% | 450/2,2            | 600                                  | 1200 | 165  | ТВО |
| ПДН<br>60.20-30АтV | В 27,5       | 90           | П1     | Диабаз 5-20     | ЦЕМ I42,5+Хидетал ГП 9у 0,3% | 435/2,2            | 735                                  | 1215 | 125  | ТВО |

Примечание: ТВО – термовлажная обработка в паровой камере при температуре + 60 °С.

Для оценки свойств наноцемента, в процессе промышленных испытаний бетонов, было исключено применение в составе бетонных смесей импортной химической добавка Хидетал и исключена пропарка изделий для экономии энергоресурсов и снижения себестоимости продукции.

**Рекомендованные составы бетонных смесей на основе Нано 75  
ЗАО «ИМЭТСТРОЙ» для изготовления промышленных  
изделий ТОО «Стройдеталь» по табл. 6**

*Таблица 7*

| Номер дозировки                 | Класс бетона | Отпуск.проч. | ОК, см | Вид крупного заполн, мм | Марка цемента | Расход цем, кг | Расход заполнителей на м3 бетона, кг |      |      | УТБ |
|---------------------------------|--------------|--------------|--------|-------------------------|---------------|----------------|--------------------------------------|------|------|-----|
|                                 |              |              |        |                         |               |                | песок                                | щеб. | вода |     |
| <b>Т8<br/>КЦД 10</b>            | В 27,5       | 90           | П1     | Диабаз 5-20             | Наноцемент 75 | 400            | 650                                  | 1200 | 125  | Нет |
| <b>Т11<br/>СВ95-2</b>           | В 30         | 90           | П1     | Диабаз 5-20             | Наноцемент 75 | 450            | 600                                  | 1200 | 120  | Нет |
| <b>ПДН<br/>60.20-<br/>30АтV</b> | В 27,5       | 90           | П1     | Диабаз 5-20             | Наноцемент 75 | 435            | 735                                  | 1215 | 120  | Нет |

1. 04.05.2016 года были изготовлены - одно изделие КЦД20 и одно изделие ПДН60.20. Оба изделия для набора прочности, были оставлены на 24 часа без использования камер ТВО и стенов подогрева, в естественных цеховых условиях, при  $t + 18^{\circ}\text{C}$  под пленкой.
2. 05.05.2016 (через 24 часа,) изделие КЦД20 набрало 55 % прочности по молотку, а по коэффициенту - 75%. На момент снятия обечайки, все еще шел процесс гидратации (набора прочности).
3. 05.05.2016 (через 24 часа), изделие ПДН60.20 набрало 45% прочности по молотку, а по коэффициенту 58%. Прочность по образцов бетона -  $258 \text{ кг/см}^2$ .



*ПДН с набором прочности без ТВО*

*ПДН с набором прочности с ТВО*

*Фото 4 – изделия ПДН*

Снятие напряжения с изделия ПДН 60.20, было произведено, не дожидаясь набора 75% по прочности. Проскальзывания канатов не наблюдалось, изделие было теплым, что говорило об активном, продолжающемся процессе гидратации. Разборка опалубки и транспортировка изделия на склад была произведена 06.05.2016 года.

05.05.2016 года были изготовлены – второе изделие ПДН60.20 и пять изделий СВ 90.

Для сравнения и понимания экономической выгоды, специалистами ТОО «Стройдеталь» было предложено, второе изделие ПДН60.20 установить в камеру ТВО №4. Данное предложение было основано по причине колебания зимней температуры в цеху в диапазоне от + 10 до + 14<sup>0</sup>С, что в свою очередь может сказаться на оборачиваемости металлических форм.

Камера ТВО №4 была открытой в течении 48 часов, до установки в нее изделия ПДН60.20 из наноцемента. Температура камеры была + 33 <sup>0</sup>С, подача пара не осуществлялась. Изделие ПДН60.20-30 было установлено в камеру ТВО №4 и закрыто крышкой. В течении 24 часов подача пара не производилась.

1. 06.05.2016 года (через 24 часа) была произведена выемка изделия ПДН60.20. Прочность по образцам бетонной смеси показала 338,8 кг/см<sup>2</sup>. Что по коэффициенту более 90%. Снятие напряжение и последующая доставка на склад была произведена незамедлительно. При этом изделие сохраняло теплоту выше нормы, что говорило о продолжающемся процессе гидратации.
2. Изделие СВ95 для набора прочности, были оставлены в естественных цеховых условиях при t +19 <sup>0</sup>С. 06.05.2016 года (через 24 часа) было произведено снятие напряжение и выемка изделий из форм. Проскальзывания арматуры не наблюдалось, см. Фото 4. Прочность по образцам бетонной смеси показало 191,8 кг/см<sup>2</sup>. Что по коэффициенту составляет 52 %. При этом изделие сохраняло теплоту выше нормы, что говорило о продолжающемся процессе гидратации.

Все изделия имели ровные грани и отсутствие трещин.

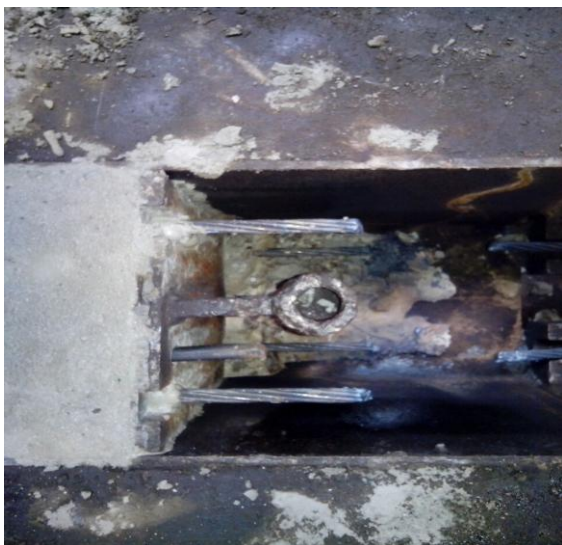


Фото 4 – изделие СВ 95  
Снятие напряжения



Фото 5 – проверка изделия ПДН на прочность  
Нагрузка – 7720 кг, прогиб составил 6 мм, при  
норме 30 мм. См: Отчет ИЛ ТОО «Стройдеталь»  
Исх: 112/11

**Рабочая таблица ТОО «Стройдеталь» на изделия из Нано 75  
04.05.2016**

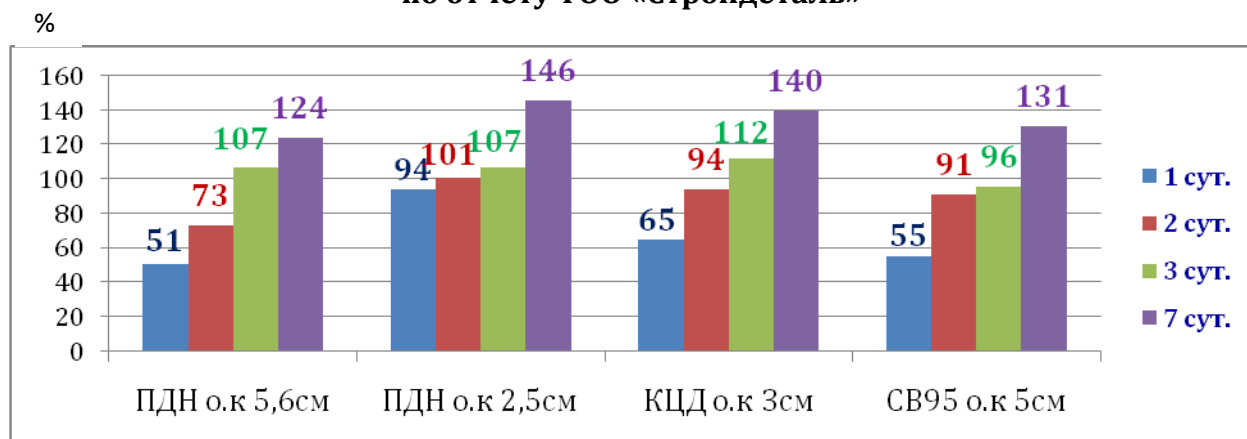
Таблица 8

| Изделие      | Смазк  | Армир/Защ<br>м/форма                                                                                                                                        | ОК,<br>См | Время        |              |                                               |            | Метод<br>уплот                                                                                                    | Отсут.<br>влаги<br>на<br>поверх | Тверде<br>ние              |
|--------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|--------------|-----------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
|              |        |                                                                                                                                                             |           | Пост<br>бет. | Выг.<br>бет. | Уплотнение                                    |            |                                                                                                                   |                                 |                            |
|              |        |                                                                                                                                                             |           |              |              | Нач.                                          | Око<br>нч. |                                                                                                                   |                                 |                            |
| КЦД 10       | ОЭ - 2 | Соответств.<br>Щели 0,5-1,5<br>мм<br>Вытекание<br>ц/м через<br>щели                                                                                         | 3         | 10.32        | 10.35        | 10.37                                         | 10.46      | Гл.виб<br>Ø51мм<br>10-15 сек,<br>Переест:<br>200-300<br>мм                                                        | 13.30                           | Естеств.<br>Под<br>пленкой |
| ПДН<br>60.20 |        | L <sub>упор</sub> =6320м<br>м<br>G <sub>0</sub> =5000-<br>6000 кгс/м <sup>2</sup><br>в районе<br>упоров-<br>пустоты под<br>арматуру.<br>Вытекание<br>ц/мол. | 5,6       | 11.10        | 11.13        | Iслоя-22сек<br>IIслоя-105сек<br>IIIслоя-32сек |            | Вибротум<br>ба<br>Замер-<br>вибротес<br>т<br>МГ4<br>Частота:<br>11,26-<br>25,49 Гц<br>Амплитуд<br>а:<br>0.68-0.12 | 18.00                           |                            |

ОПИ на железобетонных изделиях на основе наноцемента показали, что заявленные параметры по бетонным смесям при производстве изделий, имеют высокий запас прочности по его набору, что позволит значительно снизить расход наноцемента для производства изделий ТОО «Стройдеталь»

Экономика применения наноцементов в изделиях ЖБИ очевидна даже при примененных расходах наноцемента. Отказ от дорогостоящих химических добавок, переход на низкомарочные виды щебней вместо диабазового щебня, отказ от ТВО или его перевод на низкий режим не более 10-20 °С, позволяет значительно сократить себестоимость изделий *см Табл.9.*

**Динамика набора прочности бетона  
по отчету ТОО «Стройдеталь»**



**Сводная ведомость  
себестоимости м³ бетонной смеси на портландцементе (ТОО «Стройдеталь»)  
и наноцементе 75 (ЗАО «ИМЭТСТРОЙ») при равных расходах вяжущего**

Таблица 9

| Наименование       | ТОО «Стройдеталь» |                   |                               |                 |                    |                   |                               |                 | ЗАО «ИМЭТСТРОЙ»               |                 |                               |                 |
|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|
|                    | СВ95-2<br>Норма   |                   |                               |                 | ПДН 60.20<br>норма |                   |                               |                 | СВ95-2<br>норма               |                 | ПДН 60.20<br>норма            |                 |
|                    | V<br>бетон,<br>м³ | V<br>издел,<br>м³ | Цена за<br>ед/измер,<br>тенге | Сумма,<br>тенге | V<br>бетон<br>м³   | V<br>издел,<br>м³ | Цена за<br>ед/измер,<br>тенге | Сумма,<br>тенге | Цена за<br>ед/измер,<br>тенге | Сумма,<br>тенге | Цена за<br>ед/измер,<br>тенге | Сумма,<br>тенге |
| Цемент М400 СС     | 0,459             | 0,139077          | 13900,00                      | 1 933,17        | 0,408              | 0,6936            | 13 900,00                     | 9 641,04        | 13 000,00                     | 1 933,17        | 13 900,00                     | 9 641,04        |
| Щебень             | 1,244             | 0,376932          | 3 350,00                      | 1 262,72        | 1,233              | 2,0961            | 3 350,00                      | 7 021,94        | 3 350,00                      | 1 262,72        | 3 350,00                      | 7 021,94        |
| Песок              | 0,64              | 0,19392           | 1 100,00                      | 213,31          | 0,694              | 1,1798            | 1 100,00                      | 1 297,78        | 1 100,00                      | 213,31          | 1 100,00                      | 1 297,78        |
| Вода               | 0,165             | 0,049995          | 91,71                         | 4,59            | 0,155              | 0,2635            | 91,71                         | 24,17           | 91,71                         | 3,30            | 91,71                         | 3,30            |
| Добавка ГП 9у=1,35 |                   | 0,41              | 350,00                        | 143,50          | 2,04               | 2,04              | 350,00                        | 714,00          | -                             | -               | -                             | -               |
| Теплоэнергия       |                   | 0,136517<br>1     | 2 901,13                      | 396,05          |                    | 0,764578          | 2 901,13                      | 2 218,14        | -                             | -               | -                             | -               |
| V изделия,<br>м³   | 0,3               |                   |                               | 3 953,34        | 1,68               |                   |                               | 20917,07        | 3 412,5                       |                 | 17 964,06                     |                 |
| V бетона,<br>м³    | 0,303             |                   | 21 692,13                     |                 | 1,7                |                   | 21 692,13                     |                 | Меньше на 16%                 |                 | Меньше на 21 %                |                 |

### Оценка возможности применения наноцементов в качестве ремонтного состава изделий из железобетона

Одно из уникальных свойств наноцемента – это возможность получать заданные параметры и проникать в структуру бетона вступая с ним во взаимосвязь.

На основе лабораторных испытаний, полученных изделий и изученных материалов Сборника докладов «Наноцементы – будущее мировой цементной промышленности и технологии бетонов», руководством ТОО «Стройдеталь» было принято решение использовать наноцемент в решении проблемы разрушения ЖБИ изделий больших габаритов.

Нам было продемонстрировано изделие БКНВ 12.2 (подкрановая балка), имеющая локальные разрушения целостности изделия как в плоскости так и по глубине. *Смотри Фото 5 (фрагменты - а, б, в, г)*



Фрагмент - а



Фрагмент - б



Фрагмент - в



Фрагмент - г

Фото 5 – повреждения поверхности - балка подкрановая БКНВ 12.2

Представленные на *Фото 5 (а, б, в, г)* дефекты, являются постоянными при производстве изделий больших габаритов.

Глубина раковин достигает более 60 мм, а местами может иметь сквозные отверстия.

После изучения характера дефектов, специалистами ЗАО «ИМЭТСТРОЙ» было разработано два состава и порядок их применения на основе наноцемента – Нано 75. Первый состав состоял из одной части Нано 75 и двух частей песка, второй состав состоял из одной части Нано 75, одной части крупки ( $d\ 0,5-0,7$ ) и 1,5 части песка.

Перед началом работ необходимо было очистить и убедиться, что больше не происходит сколов, "отваливаний", осыпаний и иных форм разрушений. Перед укладкой смеси ремонтный участок смачивался водой. Нанесение смеси производилось послойно. Слои не должны иметь воздушных пробок, пузырьков и т.д, а плотно, сплошным массивом ложиться на бетон. Укладка не отличается от укладки шприц-бетона посредством пушки или пневмонагнетателя. На места, которые имели глубокие провалы на арматуре, была наварена сетка для схватывания раствора.

После укладки ремонтного раствора была замерена температура окружающей среды и бетона, в последующем отслеживание этих параметров происходила с интервалом 3-5 часов.



*Фото 5. Железобетонные конструкции ТОО «Стройдеталь», проработанные ремонтным составом на основе наноцемента 75*

Применение ремонтного состава на основе Нано 75 производилось в цеховых условиях. Средняя температура окружающей среды была  $+ 19 + 23\ ^\circ\text{C}$ . На третьи сутки, прочность по «молотку» составила 78%. Что характерно, цвет раствора на основе Нано 75, полностью совпал с цветом изделия.

**Основные выводы по результатам комплексных  
промышленных испытаний:**

1. Проведенные испытания по производству наноцементов на 4-й технологической линии цеха по производству силикатного кирпича ТОО «Лотос Актобе», показали высокую эффективность новой технологии, позволившей без предварительных работ, произвести высококачественный наноцемент трех видов - Нано 75, Нано 55 и Нано 35 в объемах несколько десятков тонн каждый.
2. Проведенные испытания наноцементов в строительной лаборатории ООО «Стройдеталь» и на основном производстве, показали высокие строительно-технические свойства наноцементов всех полученных классов и бетонов на их основе, во все периоды твердения. ОПИ на изделиях из наноцемента показали, что заявленные параметры по бетонным смесям при производстве изделий, имеют высокий запас прочности по его набору.
3. Результаты проведенных ОПИ с использованием представленных лежалых шлаков РФХ и щебней высокоуглеродистого феррохрома на основе Наноцемента 75 промышленного выпуска, с вводом до 43 % отходов в составы бетонных смесей, показали высокие прочностные характеристики по прочности и водонепроницаемости бетонов.
4. На ТОО «Стройдеталь», впервые в Республике Казахстан получены железобетонные изделия, изготовленные с использованием бетонов на основе наноцементов, без применения термообработки.
5. Сравнительный анализ стоимости 1 куба бетонной смеси, произведенной с использованием наноцемента и традиционным методом ТОО «Стройдеталь», показал эффективность применения наноцемента (экономия до 20%).
6. Смеси на основе наноцемента, может использоваться как качественные ремонтные состав для удаления дефектов при производстве строительных конструкций, любых габаритов, сложности и группы ответственности.
7. Использование наноцементов, может оказаться весьма эффективным, при утилизации промышленных отходов АО «ТНК «Казхром» с и их дальнейшей переработкой в безопасную товарную продукцию.

*ЗАО «ИМЭТСТРОЙ» выражает особую признательность Генеральному Директору ТОО «Стройдеталь» Симонову А.Ф. и отмечает высокий профессионализм:*

- ✓ заместителя Генерального директора по технологиям и качеству ТОО «Стройдеталь» Браиловой Т.Г.
- ✓ главному инженеру ТОО «Стройдеталь» Ибраеву У.
- ✓ начальнику лаборатории ТОО «Стройдеталь» Васильевой Т.В.

