

## Подвижность бетонной смеси, как основной фактор качества омоноличивания густоармированных конструкций колонн

*Н.Д. Смирнова, В.Е. Муравьев*

*Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск*

**Аннотация:** Статья посвящена подбору подвижности бетонной смеси для омоноличивания густоармированных железобетонных колонн непосредственно на строительной площадке. Описаны основные дефекты заливки бетонных смесей, проанализированы причины их возникновения. Опытным путем подобрана подвижность бетонной смеси, технология укладки и организация работ при бетонировании конструкций густоармированных колонн. Даны рекомендации по устранению дефектов монолитных железобетонных колонн.

**Ключевые слова:** колонна, густоармированная конструкция, монолитная конструкция, бетонная смесь, осадка конуса, пластичность бетона, удобоукладываемость, подбор состава, дефекты омоноличивания.

При монолитном строительстве железобетонных густоармированных конструкций возникает проблема удобоукладываемости бетонной смеси, влияющая на трудозатраты, сроки и стоимость строительства. Удобоукладываемость - это такая способность бетонной смеси укладываться на основание тонким однородным слоем [1]. Бетонные смеси характеризуются следующими технологическими показателями качества: удобоукладываемость; средняя плотность; расслаиваемость; пористость; температура; сохраняемость свойств во времени; объем вовлеченного воздуха [2].

В зависимости от показателя удобоукладываемости бетонные смеси подразделяют на марки по осадке конуса в соответствии с таблицей №1.

Таблица №1

Марки по осадке конуса

№ п/п	Марка	Осадка конуса, см
1	П1	1 – 4
2	П2	5 – 9
3	П3	10 – 15
4	П4	16 – 20
5	П5	Более 20

Однако в проекте производства работ (ППР) и технологических картах часто отсутствует заданная марка подвижности бетонной смеси, поэтому на строительную площадку заказывают бетонную смесь средней удобоукладываемости ПЗ, и в дальнейшем уже производят корректировку данного параметра опытным путем. Всё это приводит к образованию дефектов в конструкциях и нарушению технологии ведения работ [3].

Так, для омоноличивания железобетонных колонн сечением 600х600 мм, бетоном класса В35, F150, W8 в сборной мелкощитовой опалубке, с подачей бетона бетононасосом (швинг), рабочими арматурными стержнями класса А500 сечение от 16 до 32 мм и конструктивной арматурой класса А240 по ГОСТ 34028-201 было принято армирование, показанное на рис. 1.

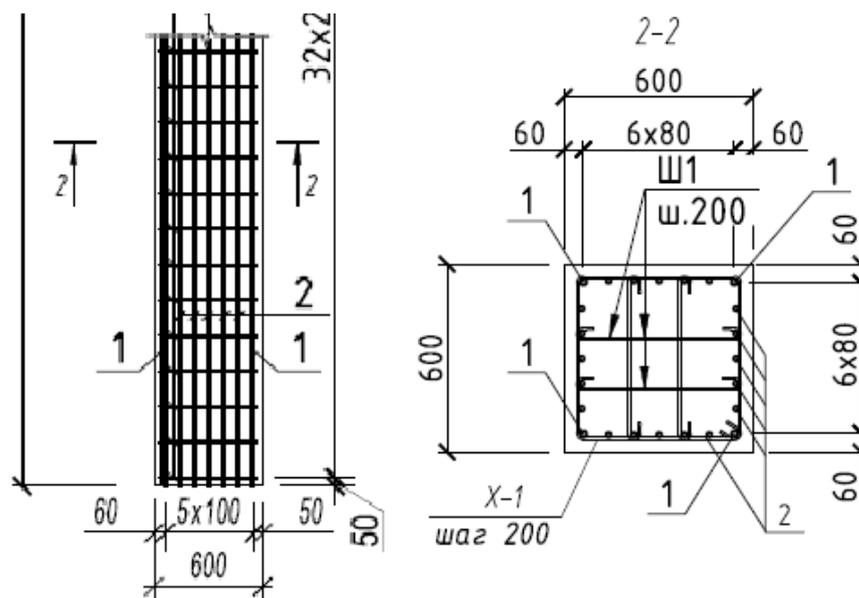


Рис. 1. – Армирование колонны в приопорной зоне

Сопряжение колонн с фундаментом предусмотрено путем соединения арматуры колонн с выпусками из фундамента.

После установки арматурных стрежней в проектное положение и до установки опалубки [4], основание колонны имеет вид, как представленный на рис. 2.



Рис. 2. – Густоармированная конструкция колонны в приопорной зоне

Бетонирование колонн производилось бетонной смесью класса В35, F150, W8 с использованием погружных вибраторов (3 шт.). Доставка бетонной смеси осуществлялась миксерами 8 м<sup>3</sup>, подвижность смеси П-3. Температура воздуха при укладке бетонной смеси составляла: утром +14, днем +25, вечером +18. Время бетонирования с 10-00 до 20-00. Объем бетонирования 12 колонн общим объемом 19,2 м<sup>3</sup>. Количество рабочих – 6 чел., оператор бетононасоса, водители миксеров.

После демонтажа опалубки через 3 суток на поверхности колонн обнаружены дефекты, оголение арматуры [5, 6], представленные на рис. 3.



Рис. 3. – Дефекты железобетонных колонн

Данные дефекты образовались в следствии:

- Малой подвижности бетонной смеси П-3 (осадка конус 10-15 см);
- Густого армирования нижней части колонны (дефекты выявлены только в нижних частях колонн);
- Высокой температуры окружающей среды;
- Долгого времени бетонирования (бетонная смесь поставлялась большими миксерами, в результате чего подвижность бетонной смеси в процессе бетонирования ещё уменьшилась).

Второе бетонирование колонн производилось бетонной смесью класс Б35, F150, W8 с использованием погружных вибраторов (4 шт.). Доставка бетонной смеси осуществлялась миксерами 2,5 м<sup>3</sup>, подвижность смеси П-4 (осадка конуса 20 см). Температура воздуха при укладке бетонной смеси составляла: утро +12, днем +19, вечер +12. Время бетонирования с 10-00 до 18-00. Объем бетонирования 6 колонн общим объемом 9,6 м<sup>3</sup>. Количество рабочих – 6 чел., оператор бетононасоса, водители миксеров. Также при неиспользовании миксера более 1 часа с момента загрузки на бетонном заводе, добавляются пластификаторы [7, 8].

После демонтажа опалубки колонн второй заливки через 3 суток на поверхности обнаружены дефекты, представленные на рис. 4.



Рис. 4. – Дефекты железобетонных колонн второй заливки

На поверхности колонн выявлены дефекты, которые образовались вследствие:

- Большой подвижности бетонной смеси;
- Вытекания бетонного молочка в местах крепления тяжей в опалубке и технологических отверстий для поперечных связей укрепления.

Третье бетонирование колонн производилось бетонной смесью класс Б35, F150, W8 с использованием погружных вибраторов (4 шт.). Доставка бетонной смеси осуществлялась миксерами 2,5 м<sup>3</sup>, подвижность смеси П-4 (осадка конуса 18 см). Температура воздуха при укладке бетонной смеси составляла: утром +8, днем +15, вечером +10. Время бетонирования с 10-00 до 18-00. Объем бетонирования 6 колонн общим объемом 9,6 м<sup>3</sup>. Количество рабочих – 6 чел., оператор бетононасоса, водители миксеров. Также при неиспользовании миксера более 1 часа с момента загрузки на бетонном заводе, добавляются пластификаторы, технологические отверстия заполняются монтажной пеной. Увеличено время вибрации бетонной смеси в приопорной зоне колонны.

После демонтажа опалубки третьей заливки через 3 суток на поверхности колонн дефектов не обнаружено, как представлено на рис. 5.

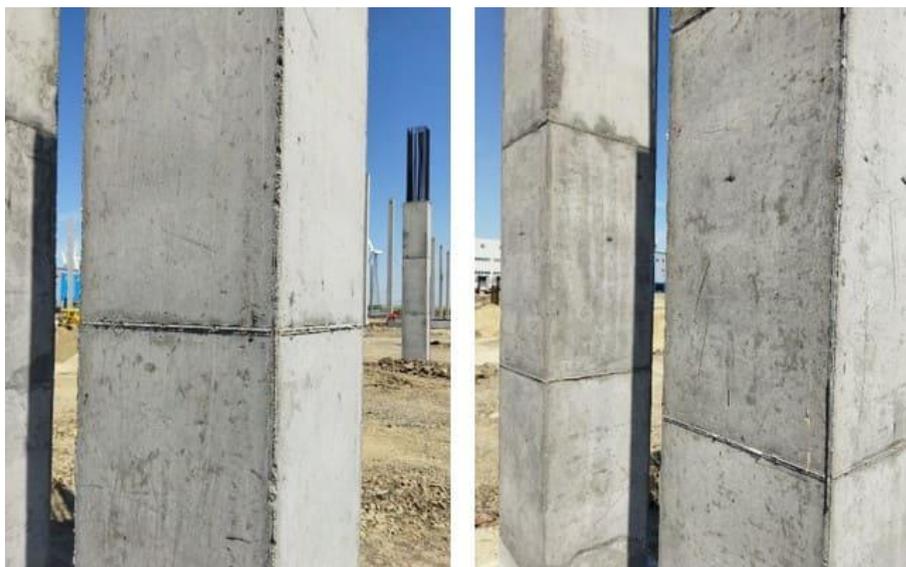


Рис. 5. – Поверхность железобетонных колонн третьей заливки

Устранение дефектов на уже залитых колоннах производится в соответствии с технологической картой, разработанной в ППР к производству монолитных работ. Материалы для производства ремонтных работ:

- MasterEmaco N 900 - сухая смесь для восстановления и чистовой отделки бетона, толщиной от 3 до 20 мм;
- Masterflow 928 / Emaco S55 - безусадочная быстротвердеющая сухая бетонная смесь наливного типа, предназначенная для высокоточной цементации части колонн, балок и промышленного оборудования.

Мероприятия по устранению дефектов:

- Область дефекта расшивается перфоратором до четких контуров, примыкания арматуры;
- Поверхность обеспыливается проточной водой;
- Выставляется опалубка, плотно примыкающая к колонне;
- Через отверстие между опалубкой и колонной в верхней части с помощью воронки заливается безусадочная быстротвердеющая смесь Masterflow 928;
- Распалубка производится через 12-20 часов;
- Верхний стык и место от воронки заделывается и штукатурится смесью MasterEmaco N 900.

После проведенных работ производятся полевые и лабораторные испытания для подтверждения соответствия класса бетона выполненным работам [9, 10].

### Литература

1. Боровикова С. О., Потапова Е. Н. Подвижность и удобоукладываемость цементного теста в присутствии добавок // Успехи в химии и химической технологии. 2018. Т. 32. №2. С. 40-40.

2. Сахибгареев Р.Р. Управление процессами структурообразования модифицированных цементных бетонов : Автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук (05.23.05) / Сахибгареев Ринат Рашидович; Уфимский государственный нефтяной технический университет. Уфа, 2010. 51 с

3. Козлов, М. В. Некоторые дефекты монолитных железобетонных конструкций и способы их устранения // Молодой ученый. 2019. № 18 (256). С. 119-121.

4. Ковалева Л.В., Шилов Н.В. Оптимизация организации производственных процессов монолитного производства // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2017. № 1. С. 263-265.

5. Mohamed Ch. The deteriorations of reinforced concrete and the option of high performances reinforced concrete // Procedia Engineering. 2015. Volume 125, pp. 713-724

6. Несветайло В.М. Дефекты, возникающие при возведении монолитных железобетонных конструкций // Технологии бетонов. 2018. № 5-6 (142-143). С. 45-47.

7. Налимова А.В. Влияние комплексной полимерной добавки на прочность и усадочные деформации цементного камня // Инженерный вестник Дона, 2012. №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/737](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/737)

8. Kujawa W., Olewnik-Kruszkowska E., Nowaczyk J. Concrete Strengthening by Introducing Polymer-Based Additives into the Cement Matrix // Materials (Basel). 2021 Oct; 14(20): 6071. doi: 10.3390/ma14206071. URL: [ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8537303/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8537303/)

9. Шатилов Ю.Ю. Локализация дефектов железобетонной колонны при помощи методов вибрационной диагностики // Инженерный вестник Дона, 2014. №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2723](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2723)

---

10. Виноградова Е.В. Проблемы управления качеством бетонных работ // Инженерный вестник Дона, 2012. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/1001

### References

1. Borovikova S. O., Potapova E. N. Uspexi v khimii i khimicheskoy tekhnologii. 2018. T. 32. №2. pp. 40-40.
2. Saxibgareev R.R. Upravlenie processami strukturoobrazovaniya modificirovanny`x cementny`x betonov [Management of structure formation processes of modified cement concretes]: Avtoref. dis. na soisk. uchen. step. d-ra texn. nauk (05.23.05) Saxibgareev Rinat Rashidovich; Ufimskij gosudarstvenny`j neftyanoy texnicheskij universitet. Ufa, 2010. 51 p.
3. Kozlov, M. V. Molodoj ucheny`j. 2019. № 18 (256). pp. 119-121.
4. Kovaleva L.V., Shilov N.V. Dal`nij Vostok: problemy` razvitiya arhitekturno-stroitel`nogo kompleksa. 2017. № 1. pp. 263-265.
5. Mohamed Ch. Procedia Engineering. 2015. Volume 125, pp. 713-724
6. Nesvetajlo V.M. Tekhnologii betonov. 2018. № 5-6 (142-143). pp. 45-47.
7. Nalimova A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/737
8. Kujawa W., Olewnik-Kruszkowska E., Nowaczyk J. Materials (Basel). 2021 Oct; 14(20): 6071. doi: 10.3390/ma14206071. URL: ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8537303/
9. Shatilov Yu.Yu. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2723
10. Vinogradova E.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/1001