

КОЧЕТКОВ С. Н., БАЛЫКОВ А. С.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОМОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК
НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ**

Аннотация. В статье рассматриваются результаты влияния модифицированного нанодобавкой поликарбоксилатного пластификатора Melflux 1641 F на изменение реологических и прочностных характеристик цементных бетонов. Доказана возможность повышения марки бетонных смесей по удобоукладываемости за счет предлагаемого метода модификации без снижения предела прочности при сжатии. Подтверждена возможность снижения расхода дорогого поликарбоксилатного пластификатора Melflux 1641 F за счет его модификации добавкой АНКУ 2. В зависимости от предъявляемых требований к подвижности бетонных смесей, возможно снижение расхода пластификатора от 19 до 43%, причем наибольшая экономия Melflux 1641 F наблюдается для высокоподвижных смесей марки П5.

Ключевые слова: цементные бетоны, пластификатор, наномодификатор, осадка конуса, предел прочности при сжатии.

KOCHETKOV S. N., BALYKOV A. S.

**THE EFFECTS OF NANOMODIFYING ADDITIVES ON TECHNOLOGICAL
AND OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF CEMENT CONCRETES**

Abstract. The article presents the study results of the effects of modified nanoadditive polycarboxylate plasticizer Melflux 1641 F on the rheological and strength characteristics of cement concrete. The study showed that the concrete mixture brand could be improved on its workability by means of the proposed modification method without the compressive strength reduction. The study demonstrated a reduction of the expensive polycarboxylate plasticizer Melflux 1641 F consumption due to its modification by the additive ANKU 2. Depending on the requirements to the mobility of concrete mixtures, the consumption of plasticizer could be reduced from 19 to 43%, with the largest savings of Melflux 1641 F observed in mixtures of highly mobile brand P5.

Keywords: cement concrete, plasticizer, nanomodifier, cone slump, compressive strength.

Бетон является наиболее широко распространенным материалом в строительной отрасли и активно используется при возведении зданий и сооружений. В настоящее время невозможно представить себе возведение какого-либо строительного объекта без применения бетона. Объемы производства данного строительного материала являются ярким доказательством его востребованности.

Для возможности реализации сложных проектных решений при возведении современных зданий и сооружений, к технологическим и прочностным характеристикам бетонов, используемых при строительстве, предъявляются жесткие требования. Бетонные смеси должны обладать высокой прочностью, необходимой подвижностью и сохраняемостью достигнутого уровня реологических характеристик в течение требуемого времени, а также достаточно высокой скоростью набора прочности.

Решить проблему улучшения технологических и эксплуатационных показателей бетона возможно путем применения различных модифицирующих добавок, в том числе на основе поликарбоксилатных пластификаторов. Однако использование данного класса модификаторов, обладающих высокой пластифицирующей способностью, приводит к росту себестоимости бетонов и растворов в целом.

Результаты исследований [1–5], проведенных на базе Мордовского государственного университета имени Н. П. Огарева, свидетельствуют о возможности достижения высоких прочностных и реологических характеристик вяжущих цементных бетонов без существенного возрастания себестоимости за счет снижения расхода поликарбоксилатных пластификаторов при модификации их аддуктами нанокластеров углерода (АНКУ, техническое название «Астрален С»). Предлагаемые к использованию в качестве модификаторов водорастворимые соединения углерода, разработанные ЗАО «НТЦ Прикладных Нанотехнологий» (г. Санкт-Петербург), позволяют получать устойчивые водные растворы, что значительно упрощает технологию их введения в состав растворных и бетонных смесей [6; 7].

На основе полученных данных была проведена оптимизация составов цементных вяжущих [2; 3] и выявлен наиболее эффективный модификатор АНКУ 2, что позволило продолжить исследования по разработке составов эффективных цементных бетонов.

При изготовлении бетонных смесей были использованы: портландцемент (ЦЕМ I 42,Б), выпускаемый компанией ОАО «Мордовцемент» (350 кг/м^3); высокопрочный диабазовый щебень (1150 кг/м^3); речной песок Ичалковского района Республики Мордовия (650 кг/м^3); поликарбоксилатный пластификатор Melflux 1641 F и модификатор АНКУ 2. Количество используемых поликарбоксилатного пластификатора Melflux 1641 F варьировалось в диапазоне от 0 до 0,6% с шагом 0,2% от массы цемента, наномодификатора – от 0 до 6% с шагом 1,5% от массы пластификатора.

В ходе проведенных исследований было изучено влияние добавки АНКУ 2 на изменение удобоукладываемости бетонной смеси (рис. 1а), оцениваемой по величине осадки конуса (ОК). Анализ изолиний изменения осадки конуса подтвердил возможность снижения расхода пластификатора при одновременном улучшении реологических свойств композита

при использовании исследуемой нанодобавки. Наибольший прирост подвижности бетонных смесей по отношению к ненаномодифицированным составам достигается при концентрации пластификатора от 0,26 до 0,47% от массы цемента и содержании модификатора АНКУ 2 от 4,8 до 6% от массы Melflux 1641 F (рис. 1б).

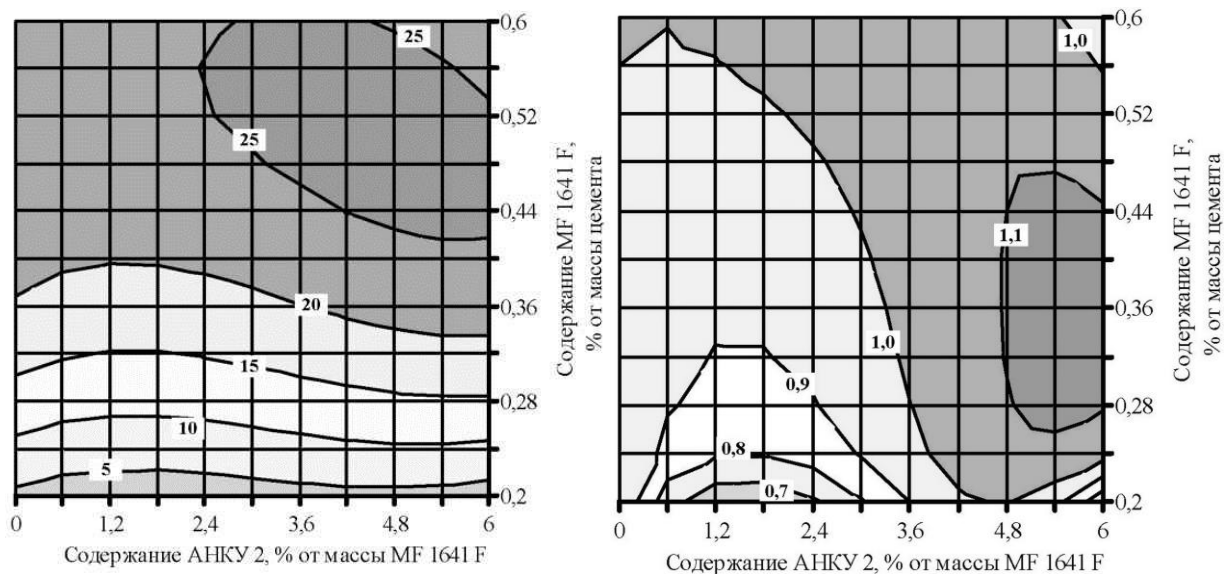


Рис. 1. Изолинии изменения абсолютной (а) и относительной (б) осадки конуса бетонной смеси

В ходе экспериментальных исследований определялся предел прочности бетонных образцов при сжатии в возрасте 28 суток. Установлено, что повышение удобоукладываемости бетонной смеси за счет применения пластификатора Melflux 1641 F, модифицированного АНКУ 2, позволяет получить бетоны с пределом прочности при сжатии, не уступающим значению контрольного немодифицированного состава (состав 1, марка П1).

Учитывая разделение бетонных смесей на 5 марок по удобоукладываемости (П1 – П5), определяемых в зависимости от значений осадки конуса в соответствии с ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия», по результатам экспериментальных исследований был произведен анализ изменения предела прочности бетона при сжатии для каждой марки бетонной смеси по удобоукладываемости отдельно. Выявлено, что использование модифицированного АНКУ 2 пластификатора Melflux 1641 F позволяет достигать существенного увеличения реологических характеристик без потери прочностных показателей цементных бетонов (рис. 2).

С использованием экспериментально-статистических методов планирования была произведена оптимизация с целью выявления наиболее эффективных концентраций пластификатора Melflux 1641 F и модификатора АНКУ 2 для каждой марки по удобоукладываемости в отдельности (с учетом критериев подвижности и прочности при сжатии). Установлена возможность снижения поликарбоксилатного пластификатора Melflux

1641 F в составах цементных бетонов за счет его модификации АНКУ 2. По результатам проведенной оптимизации построены графики, отражающие наиболее эффективные концентрации пластификатора и нанодобавки (рис. 3–4).

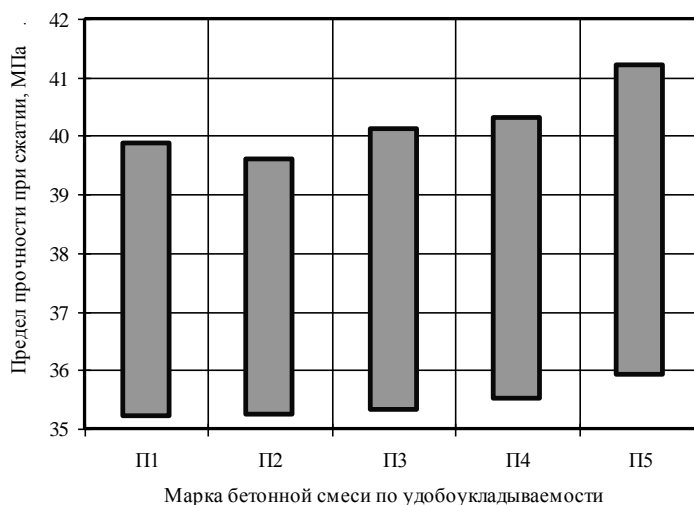


Рис. 2. Изменение диапазона варьирования предела прочности при сжатии цементных бетонов в зависимости от марки смесей по удобоукладываемости.

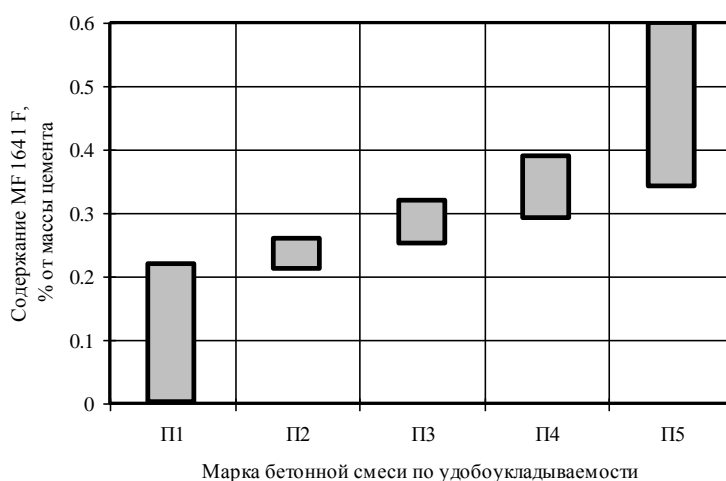


Рис. 3. Оптимальное содержание пластификатора в составе бетонной смеси в зависимости от марки по удобоукладываемости.

Выявлено, что введение в бетонные смеси до 0,22% Melflux 1641 F от массы цемента позволяет получить составы с маркой по удобоукладываемости П1. Повысить марку до П2 возможно при концентрации пластификатора в смеси в диапазоне 0,21–0,26% от массы цемента и АНКУ 2 в широком интервале (от 0 до 5,6% от массы Melflux 1641 F). Подвижность смеси П3 и П4 достигается, соответственно, при содержании поликарбоксилатного пластификатора в количестве 0,25÷ 0,32% и 0,29÷ 0,39% от массы цемента и АНКУ 2 в количестве не менее 3,9% и 4,5% от массы пластификатора. Для повышения марки составов по удобоукладываемости до П5 необходимо введение не менее

0,34% поликарбоксилатного пластификатора при содержании АНКУ 2 более 4,8% от массы Melflux 1641 F (рис. 3–4).

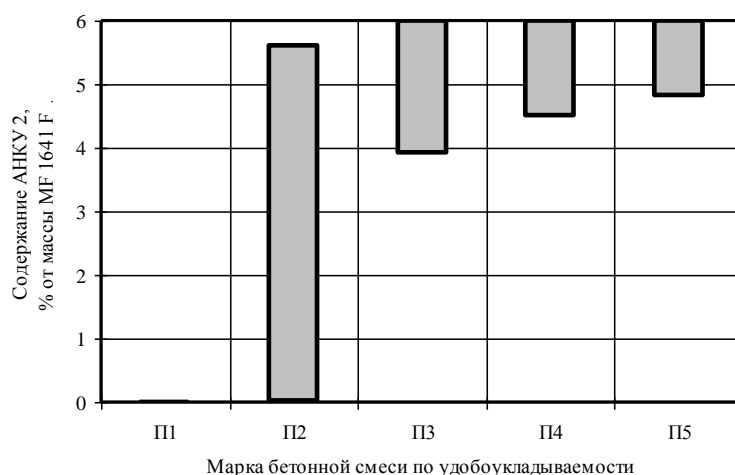


Рис. 4. Оптимальное содержание наномодификатора АНКУ 2 в составе бетонной смеси в зависимости от марки по удобоукладываемости.

Проведенная оптимизация позволила выявить возможность снижения поликарбоксилатного пластификатора Melflux 1641 F в составах цементных бетонов за счет его модификации АНКУ 2. Выявлено, что в зависимости от предъявляемых требований к подвижности бетонных смесей, возможно снизить расход пластификатора от 19 до 43%, причем наибольшая экономия Melflux 1641 F наблюдается для высокоподвижных смесей марки П5 (с показателем осадки конуса не менее 21 см (рис. 5)).

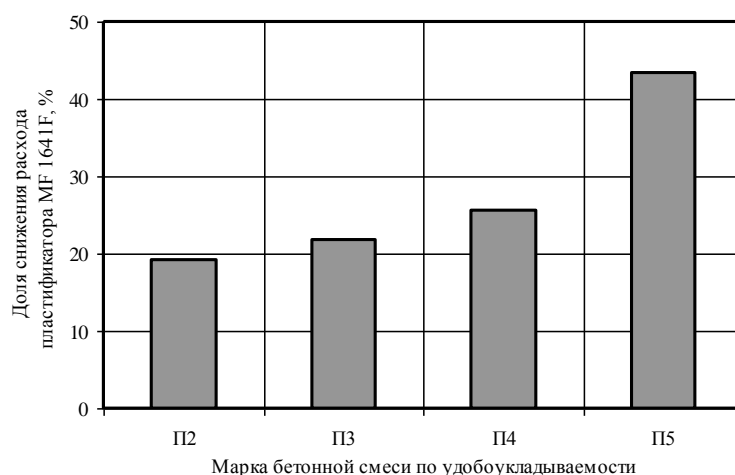


Рис. 5. Доля снижения расхода пластификатора Melflux 1641 F при использовании наномодификатора АНКУ 2 в зависимости от марки бетонной смеси по удобоукладываемости.

Результаты полученных экспериментальных исследований подтвердили эффективность применения модифицированного АНКУ 2 поликарбоксилатного пластификатора Melflux 1641 F при изготовлении бетона. Анализ полученных данных свидетельствует о существенном влиянии исследуемого наномодификатора на реологические свойства бетона.

Доказана возможность повышения марки бетонных смесей по удобоукладываемости за счет предлагаемого метода модификации без снижения предела прочности при сжатии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Низина Т. А., Пономарев А. Н., Кочетков, Козеев А. А. Результаты экспериментальных исследований цементных композитов, модифицированных водорастворимыми аддуктами нанокластеров углерода // Вестник Волжского регионального отделения РААСН. – Вып. 14. – Нижний Новгород: ННГАСУ. – 2011. – С. 117-120.
2. Низина Т. А., Кочетков С. Н. Оптимизация составов наномодифицированных цементных вяжущих // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – № 1. – С. 35-41.
3. Низина Т. А., Кочетков С. Н., Пономарев А. Н., Козеев А. А. Оценка эффективности влияния наномодификаторов на прочностные и реологические характеристики цементных композитов в зависимости от вида пластифицирующих добавок // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – № 2. – С. 43-49.
4. Низина Т. А., Балбалин А. В. Влияние минеральных добавок на реологические и прочностные характеристики цементных композитов // Вестник ТГАСУ. – 2012. – № 2. – С. 148-153.
5. Nizina T. A., Ponomarev A. N., Kochetkov S. N., Nizin D. R., Kozeev A. A. Analysis of influence nanomodified polycarboxylate plasticizers on strength and rheological characteristics of cementitious composites // Scientific Israel. – Technological Advantages. – 2014. – Vol. 16. – pp. 6-15.
6. Пономарев А. Н. Высококачественные бетоны. Анализ возможностей и практика использования методов нанотехнологии // Инженерно-строительный журнал. – СПб, 2009. – № 6(8). – С. 25-33.
7. Пономарев А. Н. Развитие прикладных нанотехнологий в России // Наноиндустрия. – 2012. – № 38. – С. 6-10.