

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS



Оригинальное эмпирическое исследование

УДК 691.328

<https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-2-67-74>

Метод оценки плотности бетонной смеси в процессе формирования

С.В. Эдильян , Х.С. Явруян 

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

✉ spartak-edilyan@yandex.ru



EDN: JHDNVD

Аннотация.

Введение. Уплотнение бетонных смесей является одной из наиболее актуальных тем современного строительства. Вибрационное уплотнение — это один из основных методов, используемых для обеспечения равномерного распределения компонентов бетонной смеси и удаления воздушных пустот. Этот процесс позволяет достичь более высокой плотности и прочности бетона, что, в свою очередь, улучшает его эксплуатационные характеристики. Процесс производства железобетонных изделий представляет собой сложный и трудоёмкий, требующий значительной ответственности и внимания, процесс. Качество уплотнения смесей влияет на физико-механические свойства формируемых изделий, включая прочность, водонепроницаемость, морозостойкость и другие важные параметры. Верно уплотнённая смесь обеспечивает однотипность свойств готовой продукции, точность геометрических форм и хорошее качество его лицевой поверхности. Целью данной статьи является описание работы принципиально нового оборудования «Шар-1», направленного на совершенствование методов оценки плотности бетонной смеси непосредственно в процессе формирования.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования была выбрана бетонная смесь. Управление параметрами вибрационного уплотнения бетона требует тщательного планирования с учётом типа смеси, формы конструкции и требований к качеству. Исследование выполнялось с применением принципиально нового прибора «Шар-1».

Результаты исследования. Результаты разработки устройства для измерения плотности бетонной смеси успешно доказаны экспериментальным путем. Прибор позволяет оценивать уплотнение смеси в процессе формирования, фиксируя данные в реальном времени и позволяя в дальнейшем анализировать процесс уплотнения бетонной смеси. Это способствует улучшению контроля качества бетонных смесей на стадии формирования, что важно для повышения надежности и долговечности бетонных конструкций. Использование прибора «Шар-1» упрощает и ускоряет процесс испытаний, снижая влияние субъективных факторов и повышая объективность измерений.

Обсуждение и заключение. Раздел акцентируется на различии традиционных исследований по контролю уплотнения бетонной смеси и с применением прибора «Шар-1», который позволяет измерить плотность бетонной смеси в процессе формирования. Метод позволяет быстро получать данные о плотности, своевременно корректировать технологию при необходимости. В дальнейшем планируется усовершенствовать прибор дополнительными функциями.

Ключевые слова: бетон, железобетон, бетонная смесь, уплотнение, виброуплотнение, виброплощадка, колебания

Для цитирования. Эдильян С.В., Явруян Х.С. Метод оценки плотности бетонной смеси в процессе формирования. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2025;4(2):67–74. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-2-67-74>

Method for Assessing the Density of a Concrete Mix during Molding

Spartak V. Edilyan , Khungianos S. Yavruyan 

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ Spartak-edilyan@yandex.ru

Abstract.

Introduction. Concrete mix compaction is one of the most pressing topics in modern construction. Vibration compaction is a key method used to ensure uniform distribution of concrete mix components and removal of air voids.

The process of manufacturing reinforced concrete products is complex and labor-intensive and requires significant responsibility and attention. The quality of compaction of mixtures affects the physical and mechanical properties of molded products, including strength, water resistance, frost resistance and other important parameters. A correctly compacted mix ensures uniformity of properties of finished products, accuracy of geometric shapes and good quality of its front surface. The aim of this article is to study the existing works of the authors and identify the development area in the method of assessing the density of concrete mixture during molding with the possible development of the device necessary for this.

Materials and methods. Concrete mix was chosen as the object of the study. Control of concrete vibration compaction parameters requires careful planning, taking into account the type of mix, the shape of the structure and quality requirements. This section covers the development of a fundamentally new device “Shar-1”.

Research results. The results of the development of a device for measuring the density of concrete mixture have been successfully proved experimentally. The device makes it possible to evaluate the compaction of the mixture during the forming process, recording data in real time and allowing further analyses of the concrete mixture compaction process. This helps to improve the quality control of concrete mixtures at the stage of moulding, which is important for improving the reliability and durability of concrete structures. The use of “Shar-1” simplifies and speeds up the testing process, reducing the influence of subjective factors and increasing the objectivity of measurements.

Discussion and Conclusion. The section focuses on the difference between traditional research on control of concrete mixture compaction and with the use of the device “Shar-1”, which allows to measure the density of concrete mixture in the process of moulding. The method allows to quickly obtain data on density, timely correct the technology if necessary. It is planned to improve the device with additional functions in the future.

Key words: concrete, reinforced concrete, concrete mixture, compaction, vibration compaction, vibration platform, vibrations

For citation. Edilyan SV, Yavruyan HS. Method for Assessing the Density of a Concrete Mix during Molding. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2025;4(2):67–74. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-2-67-74>

Введение. Первые сведения о применении вибрации для уплотнения бетонных смесей с использованием пневматических и храповиковых виброустройств появились в 1890 году. До 1915 года новые научные данные по этой теме отсутствуют. В 1915 году начались исследования виброуплотнённого бетона и ручной кладки с их сравнительной оценкой, что вызвало появление новых публикаций для сравнительного анализа. Эффективность виброформования бетонных изделий зависит от правильного выбора режимов вибрации и параметров оборудования. Например, Теличенко В.И. и Васильев В.Г. описали вибростол — подвижную платформу на подпружиненных опорах с двумя вибраторами, создающими направленные колебания, передающиеся форме и смеси [1].

Однако многие традиционные методы уплотнения бетона не всегда обеспечивают необходимое качество, особенно при работе с жесткими бетонными смесями, так как чаще всего являются либо разрушающими, либо недостаточно оперативными, что ограничивает их применение в условиях массового производства. Необходимо отметить, что качество бетона напрямую зависит от степени его уплотнения, поскольку это влияет на прочность, долговечность и эксплуатационные характеристики конструкций.

Для создания прочного и надежного бетона очень важно правильно уплотнить бетонную смесь. Мы можем добиться этого с помощью вибрации — движения, которое помогает частичкам бетона плотно прилегать друг к другу.

Вибрационные установки играют ключевую роль в уплотнении бетонных смесей, обеспечивая удаление воздуха и пустот из массы бетона, что значительно повышает его прочность и долговечность. Если смесь достаточно жидкая, то даже слабая вибрация, например, под действием собственного веса, может быть достаточной. Для более густых смесей нам понадобится более мощная вибрация и, возможно, дополнительное давление. Методы оптимизации параметров вибрационных установок, таких как частота и амплитуда колебаний, для достижения

максимальной эффективности работы машин, а также анализ и совершенствование конструкций электровибрационных машин с продольным зазором магнитопровода были подробно рассмотрены в [2].

Благодаря современным исследованиям известно, что для первоначального уплотнения бетона достаточно всего 20–30 секунд. За это время частички бетона под действием силы тяжести перераспределяются, образуя прочную и стабильную структуру. В результате воздух из смеси удаляется, и в конечном итоге его количество не превышает 3–4 % [3].

В следующей стадии выполняется лишь небольшое объединение компонентов благодаря удалению части воздуха. Длительность второй стадии технологического периода превосходит продолжительность первой стадии и достигает на стандартных виброплощадках 2–3 минут. Конец второй стадии основывается на окончании осадки бетонной смеси. По окончании этого свежеложенный бетон можно признать готовым к дальнейшей обработке, поскольку дополнительная вибрация не приводит к существенному увеличению плотности, прочности или качества его поверхности [4].

Вибрация играет важную роль в формировании бетона, но её эффективность зависит от многих факторов. Хотя интенсивность вибрации может снижаться по мере удаления от источника из-за свойств материала и внутреннего трения, это открывает возможности для оптимизации процесса [5, 6].

Качество и прочность бетона напрямую зависят от правильной технологии укладки и уплотнения бетонной смеси, поскольку эти процессы влияют на однородность структуры материала. Понимая, как волны вибрации распространяются и взаимодействуют в бетонной смеси, мы можем разработать более эффективные методы уплотнения. Хотя затухание вибрации на расстоянии от источника является естественным явлением, вызванным свойствами материала и внутренним трением, это не является непреодолимым препятствием. Все это позволит нам добиться однородной структуры бетона даже в изделиях сложной формы. Исследования в этой области продолжаются, и мы уверены, что в будущем сможем еще больше улучшить качество и эффективность производства бетонных изделий [7–9].

Изучение взаимодействия вибрации с отраженными волнами и собственными колебаниями бетона позволит нам создать оптимальные условия для уплотнения даже в изделиях сложной формы. Разработка новых методов управления вибрацией открывает путь к повышению эффективности производства, увеличению срока службы оборудования и созданию высококачественных бетонных изделий [10].

Наряду с модернизацией оборудования ученые активно разрабатывают новый метод оценки качества бетонной смеси, который основан на её способности противостоять расслаиванию. Этот метод использует специальный коэффициент, показывающий, насколько эффективно цемент распределен в бетоне. Предполагается, что в качественной бетонной смеси, где все компоненты равномерно смешаны, вода будет вымывать больше цемента при медленном потоке, чем при быстром. Это позволит быстро и точно определить качество бетона и гарантировать его прочность и долговечность [11].

При вибрационном уплотнении бетонной смеси происходят механические воздействия, которые приводят к постоянному разрушению связей между ее составляющими частицами. Это, в свою очередь, способствует снижению сил трения и сцепления. Бетонная смесь благодаря своей особой консистенции равномерно распределяется под воздействием силы тяжести, создавая однородную массу. Для получения предельной прочности и долговечности железобетонных изделий из тяжёлых смесей необходимо достигнуть высокой плотности. Ученые стремятся к тому, чтобы реальная плотность бетона была почти идеальной. Это определяется коэффициентом уплотнения, который должен быть не менее 0,98, а предпочтительно — приближаться к единице. Такой метод обеспечивает надёжность и долговечность железобетонных изделий [12].

В течение длительного времени считалось, что эффективность виброуплотнения бетона достигает максимума при резонансной связи частиц бетонной смеси с источником вибрации. Однако каждая фракция заполнителя имеет свою уникальную частоту колебаний. Это наводит на мысль о том, что оптимальный эффект уплотнения может быть достигнут за счёт многочастотного воздействия, которое выведет в резонанс все частицы смеси. В действительности, в бетонной смеси наблюдается феномен самосинхронизации, обусловленный связующим действием цементного теста, которое объединяет отдельные зерна заполнителя. Таким образом, повышение эффективности вибрационного уплотнения может быть достигнуто путём оптимизации режима работы вибратора, способствующего синхронизации собственных колебаний всего объёма бетонной смеси с частотой его работы [13].

Частота колебаний обуславливает скорость движения частиц бетонной смеси. Изменение частоты позволяет контролировать скорость и интенсивность уплотнения. К примеру, для более плотных бетонных смесей возможно приложить более высокую частоту колебаний [14, 15].

В последние годы наблюдается рост интереса к оптимизации параметров вибрационного уплотнения с целью повышения эффективности производства и снижения затрат. В связи с этим возникает необходимость системного

анализа и управления параметрами вибрации (частотой, амплитудой, продолжительностью и режимами воздействия). В перспективе данный метод контроля качества может быть достигнут путем разработки эффективного и точного метода оценки плотности бетонной смеси непосредственно в процессе формирования, что позволит повысить качество продукции и оптимизировать производственные затраты. В данной статье рассматриваются основные подходы к измерению уплотнения бетонных смесей экспериментальным путем с применением разработанного нами прибора «Шар-1».

Материалы и методы. Управление параметрами вибрационного уплотнения требует тщательного планирования и контроля. Необходимо учитывать тип бетонной смеси, размер и форму конструкции, а также требования к качеству бетона. Применение различных методов и подходов позволяет достичь оптимальных результатов и обеспечить долговечность бетонных конструкций [16].

Время действия вибрации описывает продолжительность процесса уплотнения. Оптимизация времени позволяет добиться равномерного распределения бетонной смеси и исключить появление пустот и неоднородностей. Слишком долгое воздействие вибрации может спровоцировать расслоение бетонной смеси, поэтому важно найти равновесие. На рис. 1 наглядно видно влияние продолжительности уплотнения на прочность бетона. При кратковременной и долгосрочной длительности времени уплотнения прочность не растет, то есть необходимо находить точку во времени, при которой будет зафиксировано максимальное уплотнение.

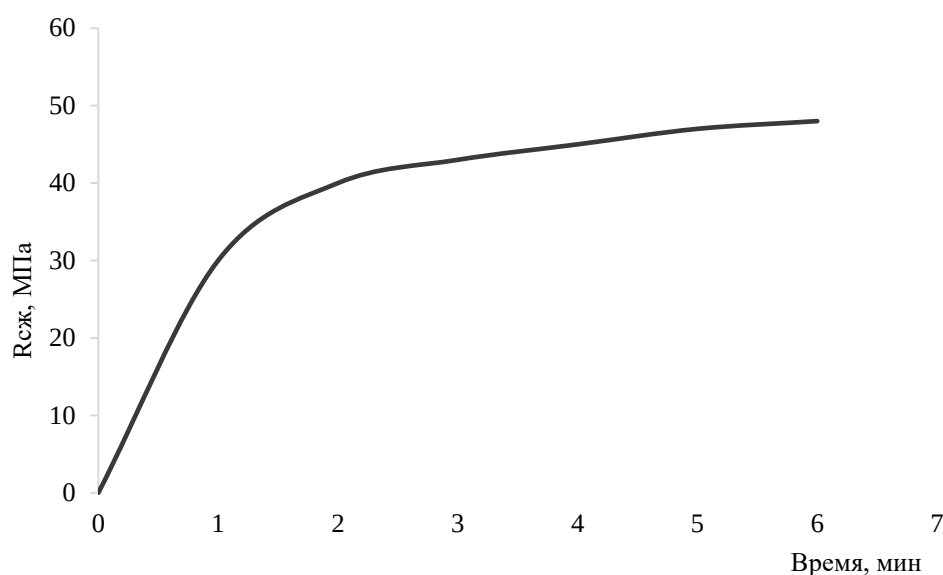


Рис. 1. Влияние продолжительности уплотнения на прочность бетона

Для понимания процессов, происходящих в бетонной смеси при её уплотнении, нами разработан принципиально новый прибор «Шар-1» (рис. 2, 3).

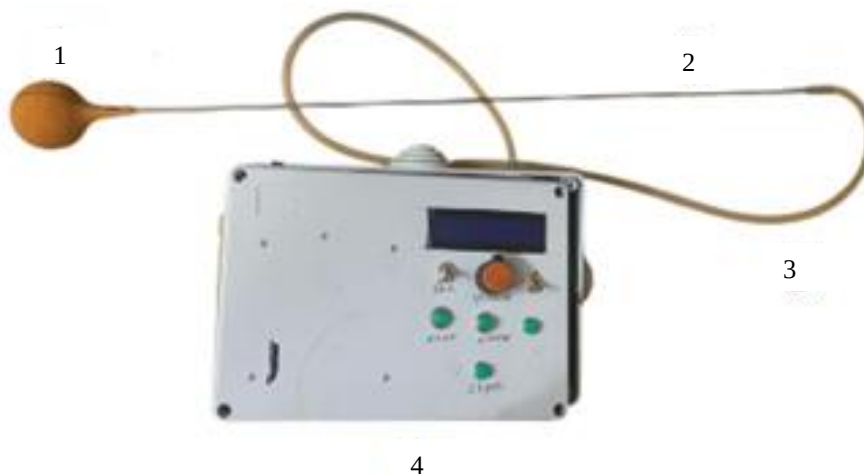


Рис. 2. Основные части прибора «Шар-1»: 1 — резиновый шарик; 2 — металлическая трубка; 3 — резиновая трубка; 4 — панель управления

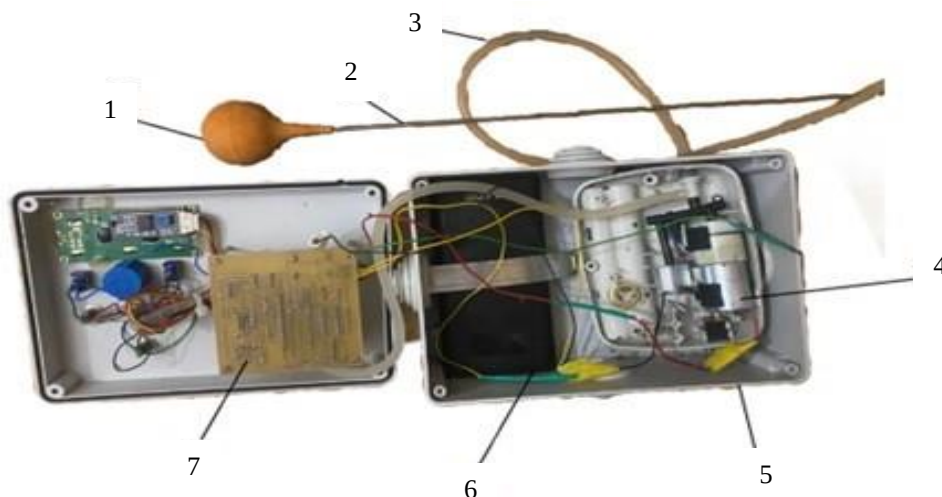


Рис. 3. Внутренние компоненты прибора «Шар-1»: 1 — резиновый шарик; 2 — металлическая трубка; 3 — резиновая трубка; 4 — панель управления; 5 — корпус устройства; 6 — аккумулятор; 7 — плата питания

Основным рабочим органом прибора является резиновый шар, находящийся под давлением, соединенный через металлическую полую трубку и резиновую трубку с насосом, расположенным в пульте управления. Внутри резинового шарика установлены: датчик давления; часы реального времени; датчик вибрации, измеряющий амплитуду и колебания. В корпусе размещены: SD-накопитель для записи параметров на плату питания; аккумулятор для автономной работы; насос, с помощью которого в шаре создается давление для тестирования.

Шарик под давлением устанавливается на половину высоты металлической формы, и начинается процесс уплотнения бетонной смеси. Исходя из физики уплотнения бетонной смеси, нам известно, что при вибрации крупные частицы стремятся вниз, а мелкие частицы, соответственно, вверх, что называется расслоением. Шарик под определенным давлением в 100 единиц, помещенный в форму, начинает сжиматься за счет давления крупной фракции бетонной смеси и достигает максимального значения. Максимальным значением прибора «Шар-1» считается то значение, когда при уплотнении бетонной смеси в системе наступит равновесие, то есть расслоения бетонной смеси не произойдет. При расслоении показания начнут стремительно падать, так как равновесие в системе исчезнет, и крупная фракция бетонной смеси окажется внизу, а мелкая (цементное тесто) фракция — сверху. Это говорит нам о том, что плотность между верхним слоем и нижним слоями разная, то есть произошло расслоение бетонной смеси.

Результаты исследования. Разработка нового прибора «Шар-1» направлена на определение оптимального количественного показателя, отражающего полную степень уплотнения бетонной смеси с сохранением ее прочностных характеристик. Для определения данного показателя, рабочий орган прибора «Шар-1» устанавливается в форму с последовательным введением бетонной смеси. При запуске процесса уплотнения прибор идентифицирует давление на рабочий орган с течением времени и фиксирует максимальные показатели, сообщающие о пиковом значении уплотнения бетонной смеси.

График, изображенный на рис. 4, показывает, как выглядит точка максимального уплотнения бетонной смеси в ходе проведенных экспериментов.

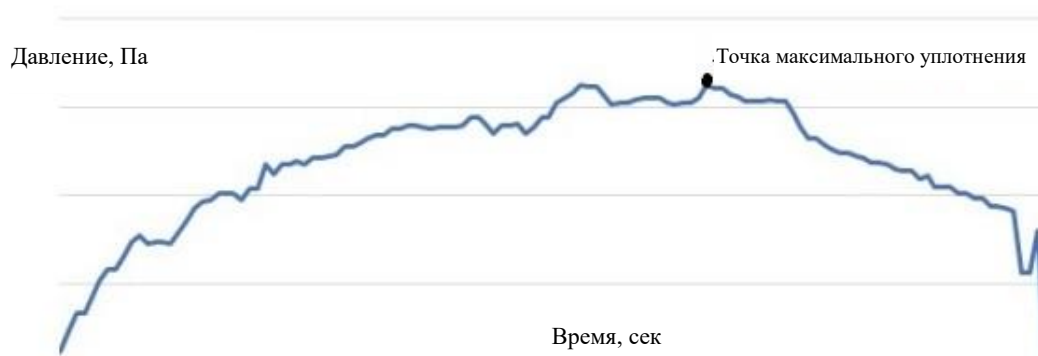


Рис. 4. Точка максимального уплотнения бетонной смеси

В настоящее время ведется тестирование и отладка прибора. Важно подчеркнуть, что применение приборов, способных измерять степень уплотнения бетонной смеси, в настоящий момент ограничено. Тем не менее внедрение данного метода и прибора «Шар-1» станет прорывом в технологии производства бетона, оказывая позитивное влияние на экономический рост предприятий.

Обсуждение и заключение. Обеспечение качественного уплотнения бетонной смеси — это важный шаг в строительстве, имеющий огромное значение для прочности будущих конструкций.

В ходе написания статьи были изучены работы многих авторов и найдена перспективная отрасль развития, а именно разработка способа контроля уплотнения бетонной смеси в процессе формирования, что и вдохновило нас на разработку совершенно нового прибора «Шар-1». Данный метод оценки плотности с помощью разработанного прибора дает возможность оперативно получить данных о плотности и позволяет своевременно корректировать технологию уплотнения, что улучшает качество и долговечность бетонных изделий, а также сокращает время испытаний и снижает затраты на подготовку и проведение измерений по сравнению с традиционными лабораторными методами.

Массовое использование данной разработки на заводах по производству сборного железобетона повлечет за собой повышение качества изделий, сокращение человеческого фактора, следовательно, уменьшение вероятности частых погрешностей и уменьшение производственных затрат.

Нами планируется доработать прибор до более эргономичного вида и в ходе проведения дальнейших испытаний внести дополнительные функции, позволяющие создать ещё более комплексный и многофункциональный прибор.

Список литературы/References

1. Эдильян С.В., Явруян Х.С. Аналитический обзор способов управления параметрами вибрационного уплотнения бетонных смесей. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2024;3(3):15–21. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-3-15-21>

Edilyan SV, Yavruyan HS Analytical Review of Methods for Controlling the Parameters of Vibration Compaction of Concrete Mixes. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. (In Russ.) 2024;3(3):15–21. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-3-15-21>

2. Джигоев В.К., Гобозов С.Ф. Анализ электровибрационных машин и пути повышения их технических показателей. *Вестник Международной Академии Наук, экологии безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ)*. 2010;15(2).

Dzhigoev VK, Gobofov SF Analysis of Electrovibration Machines and Ways to Improve their Technical Performance. *Bulletin of the International Academy of Sciences, Ecology of Life Safety (MANEB)*. 2010;15(2). (In Russ.)

3. Сторожук Н.А., Дехта Т.Н. Оптимальное управление уплотнением бетонных смесей вибрационным способом и его особенности. *Вестник ПДАБА*. 2018;4:243–243. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimalnoe-upravlenie-uplotnieniem-betonnyh-smesey-vibratsionnym-sposobom-i-ego-osobennosti> (дата обращения: 05.04.2025).

Storozhuk NA, Dekhta TN Optimal Control of Concrete Mixtures Compacting by Vvibration Method and its Features. *Bulletin of PDABA*. 2018;4:243–243. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimalnoe-upravlenie-uplotnieniem-betonnyh-smesey-vibratsionnym-sposobom-i-ego-osobennosti> (accessed: 05.04.2025).

4. Yavruyan KhS, Lotoshnikova EO, Edilyan SV. Production technology of small products from fine-grained concrete. *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2022)*. 2024;733:527–536. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37978-9_51

5. Yavruyan HS, Lotoshnikova EO, Edilyan SV, Gaishun AS. Methodology for the selection of the composition for the production of products of hard-pressed concrete with industrial wastes. *Environmental risks and safety in mechanical engineering*. 2023;376:03025. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337603025>

6. Эдильян С.В., Явруян Х.С. Обзор способов оптимизации режимов виброуплотнения бетонных смесей. В: *Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки и техники. 2023»*. Ростов-на-Дону: ДГТУ; 2023. С. 997–998. URL: <https://ntb.donstu.ru/conference2023> (дата обращения 05.04.2025).

Edilyan SV, Yavruyan HS Review of Methods for Optimizing Vibration Compaction Modes of Concrete Mixtures. *Actual Problems of Science and Technology*. DSTU. 2023. 997–998 p. (In Russ.) URL: <https://ntb.donstu.ru/conference2023> (accessed: 05.04.2025).

7. Гараджаев А., Мырадов Й., Баллыев Г., Рахымов Б. Укладка и уплотнение бетонной смеси. *Символ науки*. 2023;12(2):173–175. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ukladka-i-uplotnenie-betonnoy-smesi> (дата обращения 05.04.2025).

Garadzhaev A, Myradov Y, Ballyev G, Rakhymov B Placing and Compaction of Concrete Mixture. *Symbol of Science*. 2023;12(2):173–175. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ukladka-i-uplotnenie-betonnoy-smesi> (accessed: 05.04.2025).

8. Стародубцев В.Г., Горяинов Д.А. Исследование влияния технологии укладки и уплотнения бетонной смеси на однородность структуры и свойств бетона. *Auditorium*. 2018;1(17). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-tehnologii-ukladki-i-uplotneniya-betonnoy-smesi-na-odnorodnost-struktury-i-svoystv-betona> (дата обращения 05.04.2025).

Starodubtsev VG, Goryainov DA Study of the Influence of Concrete Mixture Laying and Compaction Technology on the Homogeneity of the Structure and Properties of Concrete. *Auditorium*. 2018. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-tehnologii-ukladki-i-uplotneniya-betonnoy-smesi-na-odnorodnost-struktury-i-svoystv-betona> (accessed: 05.04.2025)

9. Фурманов Д.В., Барулев А.В., Тарасова Н.Е., Чабуткин Е.К. Динамическое торможение инерционных вибраторов виброплощадок для уплотнения бетонных смесей. *Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии*. 2019;16(2):134–144. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2019-2-134-144>

Furmanov DV, Barulev AV, Tarasova NE, Chabutkin EK Dynamic Braking of Inertial Vibrators of Vibratory Platforms for Compaction of Concrete Mixtures. *Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway Academy*. 2019;16(2):134–144. (In Russ.) <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2019-2-134-144>

10. Бурханов Р.Х. Уплотнение жесткой бетонной смеси рабочим органом, совершающим сложное пространственное движение. *Вестник Саратовского государственного технического университета*. 2013;2(71). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uplotnenie-zhestkoy-betonnoy-smesi-rabochim-organom-sovershayuschim-slozhnoe-prostranstvennoe-dvizhenie> (дата обращения 05.04.2025).

Burkhanov RK Compaction of Rigid Concrete Mixture by a Working Element Performing Complex Spatial Movement. *Bulletin of the Saratov State Technical University*. 2013;2(71) (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uplotnenie-zhestkoy-betonnoy-smesi-rabochim-organom-sovershayuschim-slozhnoe-prostranstvennoe-dvizhenie>

11. Меркулов С.И. Живучесть железобетонных конструкций и конструктивных систем. *Строительство и реконструкция*. 2015;3:58–61. <https://cyberleninka.ru/article/n/zhivuchest-zhelezobetonnyh-konstruktsiy-i-konstruktivnyh-sistem> (дата обращения 05.04.2025).

Merkulov SI Viability of Reinforced Concrete Structures and Structural Systems. *Construction and Reconstruction*. 2015;3:58–61. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zhivuchest-zhelezobetonnyh-konstruktsiy-i-konstruktivnyh-sistem> (accessed: 05.04.2025)

12. Теличенко В.И., Васильев В.Г. Исследование спектра импульсов бетонной смеси при ударно-вибрационном формировании. *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2017;4:80–85. URL: <https://bulletinbstu.editorum.ru/ru/nauka/article/16036/view> (дата обращения 05.04.2025).

Telichenko VI, Vasiliev VG. Investigation of the spectrum of concrete mixture pulses at shock-vibration moulding. *Bulletin of V.G. Shukhov BSTU*. 2017;4:80–85. (In Russ.) URL: <https://bulletinbstu.editorum.ru/ru/nauka/article/16036/view> (accessed: 05.04.2025).

13. Грицюк Т.В. Влияние режимов формирования на качество поверхности железобетонных изделий. Автореф. дис. канд. технич. наук. Москва: Московский институт коммунального хозяйства и строительства; 1992. С. 9–20. URL: <https://elibrary.ru/zkpudb> (дата обращения 05.04.2025).

Gritsyuk TV *Influence of Molding Modes on the Surface Quality of Reinforced Concrete Products*. The Author's PhD in Engineering Dissertation. Moscow; 1992. Pp. 9–20 p. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/zkpudb> (accessed: 05.04.2025)

14. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. *Основы бетоноведения*. Санкт-Петербург: Строй Бетон; 2006. 692 с.

Dvorkin LI *Fundamentals of Concrete Science*. Saint Petersburg; 2006. 692 p.

15. Banfill PFG, Teixeira MAOM, Craik RJM. Rheology and Vibration of Fresh Concrete: Predicting the Radius of Action of Poker Vibrators from Wave Propagation. *Cement and Concrete Research*. 2011;41(9):932–941. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2011.04.011>

16. Иткин А.Ф. *Вибрационные машины для формирования бетонных смесей*. Киев: МП «Леся»; 2009. 152 с. Itkin AF. *Vibrating Machines for Molding Concrete Mixtures*. Kiev. МР «Lesya»; 2009. 152 p.

Об авторах:

Спартак Варданович Эдильян, аспирант кафедры технологического инжиниринга и экспертизы в стройиндустрии Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9151-1111), spartak-edilyan@yandex.ru

Хунгианос Степанович Явруян, кандидат технических наук, доцент кафедры технологического инжиниринга и экспертизы в стройиндустрии Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9151-1111), khungianos@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

С.В. Эдильян: формирование цели и задачи исследования, анализ результатов исследования, формирование выводов.

Х.С. Явруян: научное руководство, формирование основной концепции, доработка текста, корректировка выводов.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Spartak V. Edilyan, PhD Student of the Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ORCID](#), spartak-edilyan@yandex.ru

Khungianos S. Yavruyan, Cand.Sci. (Eng.), Associate Professor of the Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ORCID](#), khungianos@mail.ru

Claimed Contributorship:

SV Edilyan: formulating the aim and objectives of the research, analysis of the research results, formulating the conclusions.

KhS Yavruyan: scientific supervision, formulating the main concept, refining the text, correcting the conclusions.

Conflict of interest statement: the authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final version of manuscript

Поступила в редакцию / Received 10.04.2025

Поступила после рецензирования / Reviewed 26.04.2025

Принята к публикации / Accepted 12.05.2025