

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ НА ОСНОВІ КОНТРОЛЮ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИХІДНОГО ПРОДУКТУ

Кулай Володимир Павлович

аспірант

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,

м. Полтава, Україна

ORCID: 0009-0007-4990-5336

lykym339@gmail.com

У статті проведено оцінку впливу технологічних факторів на кінцеві властивості розчинів та дослідження основних параметрів будівельного розчину: консистенція, міцність, рівномірність змішування, що дозволяє підвищити ефективність виробничих процесів. Дослідження спрямоване на підвищення навантажувальної здатності готової продукції, забезпечення довговічності виробів виготовлених на основі будівельних розчинів. В сучасному будівельному виробництві широке застосування отримав такий матеріал, як газобетон, вироби з якого використовують для зведення житлових і промислових будівель висотою до чотирьох поверхів. Перевірка міцності газобетону виконується ключовими методами залежно від потрібних характеристик (міцність на стиск, вигин тощо). Матеріалами дослідження є стандартні будівельні розчини, виготовлені на обладнанні, що розроблено у ході підготовки дисертації. На значення межі міцності бетону значний вплив мають технологічні процеси виготовлення будівельних розчинів, швидкість завантаження, вологість. На міцність впливає і коефіцієнт ущільнення бетонної суміші, і технологія виробництва, і якість компонентів, що використовуються. При проектуванні майбутньої будівлі враховуються багато факторів, але міцність бетону завжди буде головною характеристикою, визначаючи тим самим максимальне навантаження, на яке здатний цей будівельний матеріал. У міру взаємодії речовин, що складають воду і цемент, міцність в бетоні здатна зростати. Кожному бетону характерні свої коефіцієнти міцності. Встановлено, що ефективність обладнання суттєво впливає на стабільність та відповідність будівельних розчинів нормативним вимогам. Досліджено взаємозв'язок між технологічними параметрами змішувальних установок та якістю готового продукту. Оцінено роль автоматизованих систем у покращенні точності дозування компонентів, що сприяє зниженню похибок у рецептурі. Окреслено перспективні напрямки оптимізації виробничого процесу для підвищення продуктивності, зменшення витрат та поліпшення контролю якості. Запропоновано рекомендації щодо впровадження сучасних технологій для підвищення енергоефективності обладнання та мінімізації впливу людського фактора на кінцевий результат. Отримані результати можуть бути корисними для підприємств будівельної галузі, що прагнуть до підвищення конкурентоспроможності продукції та зниження виробничих витрат. Застосування методів контролю якості на кожному етапі виробничого процесу дозволить не лише забезпечити відповідність будівельних розчинів встановленим нормам, але й підвищити їх довговічність та експлуатаційні характеристики в реальних умовах використання. Метою дослідження є аналіз ефективності роботи обладнання на основі контролю якісних показників вихідного продукту.

Ключові слова: будівельний розчин, газобетон, будівельні матеріали, консистенція, міцність, рівномірність змішування, стиск, згинання, умови навантаження, якість, ефективність, контроль параметрів, технологічні фактори.

DOI <https://doi.org/10.32782/msnau.2025.1.6>

Вступ. Якість будівельних розчинів є критично важливим фактором у будівництві, оскільки вона визначає довговічність, міцність та експлуатаційні характеристики конструкцій. Ефективність роботи обладнання, що використовується для виготовлення будівельних розчинів, значною мірою залежить від точності контролю основних параметрів якості вихідного продукту. **Метою дослідження** є аналіз ефективності роботи такого обладнання на основі контролю якісних показників. Міцність бетону – це його здатність протистояти зовнішнім навантаженням без руйнування. Вона є одним із ключових показників якості бетону та визначення його експлуатаційної характеристики (“Study of the concept of porous concrete for use on airport runways” Автори: J.V. Merighi, R. Fortes, A.A. Bandeira, 2023.) Згідно з дослідженнями Петренка та співавторів (2021), оптимальне співвідношення цементу, води та домішок забезпечує зростання

міцності бетону на 15% у порівнянні зі стандартними методиками. Крім того, за даними дослідження Іванова (2020), автоматизований контроль температурного режиму дозволяє скоротити час твердіння суміші на 20% без втрати експлуатаційних характеристик.

Дослідження (Aitcin P.C., 2000) показало, що високоміцний бетон може бути досягнутий за рахунок використання мікронаповнювачів та оптимізованого водоцементного співвідношення. Згідно з Невіл А.М. (Neville A.M., 2011), важливим фактором міцності бетону є не лише склад, а й умови твердіння та методи ущільнення.

Матеріали і методи досліджень. Для аналізу ефективності роботи обладнання застосовуються наступні методи:

– Вимірювання фізико-механічних властивостей розчинів (міцність, пластичність, водонепроникність, адгезія).

– Аналіз впливу технологічних параметрів (температура, вологість, пропорції компонентів) на якість кінцевого продукту.

– Статистична обробка результатів для визначення основних закономірностей між робочими параметрами обладнання та якістю розчинів.

Матеріалами дослідження є стандартні будівельні розчини, виготовлені на обладнанні, що розроблено у ході підготовки дисертації. В сучасному будівельному виробництві широке застосування отримав такий матеріал, як газобетон. Вироби з якого використовують для зведення житлових і промислових будівель висотою до чотирьох поверхів

Нами були створено мобільний бетонозмішувач примусової дії для приготування різних видів бетону (рис.1).



Рис. 1. Мобільний бетонозмішувач примусової дії

Методи контролю міцності бетону. Перевірка міцності газобетону виконується ключовими методами залежно від потрібних характеристик (міцність на стиск, вигин тощо).

Основні методи:

1. Лабораторні випробування на стиск:

– Зразки кубічної або циліндричної форми витримуються в нормальних умовах, після чого тестуються пресом.
– Вимірюється максимальне навантаження, яке може отримати зразок перед руйнуванням.

2. Неруйнівні методи (ультразвуковий, ударний, склерометрія):

– Ультразвуковий метод збільшення щільності та однорідності матеріалу.

– Використання склерометра (молоток Шмідта) дає близьке значення міцності за відскоком.

3. Випробування на вигин:

– Виконується на балкових зразках для оцінки гнучкості газобетону.

4. Методи контролю в умовах будівництва

– Проби вивіряються з готових конструкцій і перевіряються за допомогою преса.

– Оцінюється візуальний стан та щільність матеріалу.

Міцність газобетону залежить від його щільності (300–1200 кг/м³). Для несучих конструкцій вимогам класу D800 з міцністю 2–2,9 МПа.

Виготовлені зразки оглядають та нумерують. У зразках, які випробовують на міцність, позначають грані, до яких прикладається навантаження при випробуванні, напрямок дії якого повинен збігатися з напрямком дії навантаження в умовах експлуатації виробів у будівлі. При вертикальному формуванні дрібноштучних та горизонтальному великорозмірних виробів напрямок навантаження зразків повинен бути перпендикулярним напрямку спучення (залиття) сировинної суміші.

Випробування газобетону на стиск за стандартами (наприклад, ДСТУ Б В.2.7-214).

Ось покроковий опис процесу:

1. Підготовка зразків:

– Виготовляють куби (100×100×100 мм) або циліндри (рис.2).



Рис. 2. Циліндр

Зразки підтримуються в нормальних умовах (вологість 95%, температура +20°C) мінімум 28 діб.

2. Проведення випробувань (рис. 3).



Рис. 3. Проведення випробувань

- Вимірювання: перед тестуванням записують точні розміри зразка.
- Розміщення: зразок встановлюють на плиту преса рівною стороною.
- Завантаження:
- Прес поступово збільшує навантаження.
- Фіксують максимальне зусилля перед руйнуванням зразка (кН).

Приклад розрахунку

Розрахунок міцності на стиск газобетону:

Використовуємо формулу:

$$R = A/F$$

- де R – міцність межі на стиск (МПа),
- F – максимальне руйнівне навантаження (Н),
- A – площа поперечного перерізу зразка (мм²).

Дані:

– **Розмір куба** : 100x100x100мм

– **Площа поперечного перерізу** :

$$A = 100 \times 100 = 10000 \text{ мм}^2$$

– **Максимальне навантаження до руйнування (F):**

29 кН = 29000 Н

Розрахунок:

$$R = 29000 / 10000 = 2.9 \text{ МПа}$$

Оцінка результату:

– Якщо значення відповідає розрахунковій міцності для класу газобетону (наприклад, 2-2,5 МПа для D800), матеріал є придатним.

– Фіксують характер руйнування (крихке, пластичне, змішане).

Якщо значення відповідає нормам, матеріал можна використовувати у будівництві. Цей метод дозволяє оцінити якість газобетону для несучих і несучих конструкцій.

Результати. Проведені дослідження показали, що контроль технологічних параметрів дозволяє суттєво підвищити якість вихідного продукту. Основні результати:

1. Вплив точності дозування компонентів. Виявлено, що навіть незначні відхилення у пропорціях компонентів можуть суттєво вплинути на міцність розчину.

2. Температурний режим. Зміни температури приготування впливають на час твердіння та пластичність розчинів.

3. Роль автоматизації процесів. Використання сучасних систем контролю та дозування дозволяє мінімізувати похибки та підвищити стабільність характеристик.

Обговорення. За результатами випробувань на стиск для куба 100x100 мм при навантаженні 2900 кг (29000 Н), отримана міцність 2,9 МПа. Це значення порівнюємо з нормативами для різних класів газобетону, Отримане значення (2,9 МПа) знаходиться в межах норми для D800. Це демонструє гарну якість отриманого матеріалу. Якщо міцність нижча за очікувану, причини можуть бути такими: низька якість сировини, порушення технології виробництва або використання неякісного цементу.

Висновки. Забезпечення високої якості будівельних розчинів потребує ретельного контролю основних технологічних параметрів та ефективного використання обладнання. Запровадження сучасних методів автоматизації та моніторингу дозволяє підвищити продуктивність та мінімізувати вплив людського чинника на якість кінцевого продукту. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на оптимізацію алгоритмів контролю та впровадження новітніх технологій у виробництво.

Бібліографічні посилання:

1. Aitcin P. C. (2014). The problems with high strength and low w/c ratio concretes. *Cement Wapno Beton*, 2, 127–137.
2. Ashtiani M. S., Scott A. N., Dhakal R. P. (2013). Mechanical and fresh properties of high-strength selfcompacting concrete containing class C fly ash. *Construction and Building Materials*, 47, 1217–1224.
3. Aitcin, P. C. (1998). *High performance concrete*. CRC press, London and New York, 624 p.
4. Aitcin, P. C. (2003). The durability characteristics of high performance concrete: a review. *Cement and concrete composites*, 25(4-5), 409–420.
5. Bilodeau A., Malhotra V. M. (2000). High-volume fly ash system: concrete solution for sustainable development. *ACI Mater Journal*, 97, 41–48.
6. Bindiganavile V., Banthia N., Aarup B. (2002). Impact response of ultra-high-strength fiber-reinforced cement composite. *ACI Materials Journal*, 99(6), 543–548.
7. Boel V., Helincks P., Desnerck P., Schutter G. D. (2010). Bond behavior and shear capacity of self compacting concrete. *Design, production and placement of Self-Consolidating Concrete*, 1, 343–353.
8. Desai A. T., Kumbhar M. G., Deokar R. H., Mandhare A. M. (2018). Design and Analysis of Powder Mixing Ribbon Blender. *Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 1, 39–43.
9. DSTU B V.2.7-137:2008. Budivelni materialy. Bloky iz nizdriuvatogo betonu stinovi dribni. *Tekhnichni umovy (41007)*. [Building materials. small-sized wall blocks made of cellular concrete. technical specifications (41007)]. Minrehionbud Ukrainy, Kyiv (in Ukrainian).
10. DSTU B V.2.7-214:2009. Budivelni materialy. Betony. Metody vyznachennia mitsnosti za kontrolnomy zrazkamy. [Building materials. Concretes. Methods for determining strength from control samples]. Minrehionbud Ukrainy, Kyiv (in Ukrainian).
11. DSTU B V.2.7-220:2009. Budivelni materialy. Vyznachennia mitsnosti mekhanichnymy metodamy neruynovoho kontroliu. [Building materials. Determination of strength by non-destructive mechanical methods]. Minrehionbud Ukrainy, Kyiv (in Ukrainian).
12. DSTU B V.2.7-224:2009. Betony. Pravyla kontroliu mitsnosti. [Concretes. Strength control rules]. Minrehionbud Ukrainy, Kyiv (in Ukrainian).
13. DSTU B V.2.7-45:2010. Betony nizdriuvati. Zahalni tekhnichni umovy. [Cellular concretes. General technical specifications]. Minrehionbud Ukrainy, Kyiv (in Ukrainian).

14. Dvorkin L. Y., Hots V. I., Dvorkin O. L. (2014). Vyprovuvannia betoniv i budivelnykh rozchyniv. Proektuvannia yikh skladiv. [Testing of concretes and building mortars. Design of their components]. Osnova, Kyiv, 304 p. (in Ukrainian).
15. Hots V. I. (2019). Vyrobnystvo zalizobetonnykh konstruksii i vyrobiv. [Production of reinforced concrete structures and products]. Osnova, Kyiv, 464 p. (in Ukrainian).
16. Korobko B. O., Vasyliiev O. S., Rohozin I. A. (2015). Analiz kinematyky sumishi v korpusi zmishuvacha z vertykalnym shnekom zi zminnoiu tvornoiu. [Analysis of mixture kinematics in the mixer housing with a vertical auger of variable generating line]. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(7), 48–52 (in Ukrainian).
17. Kryvenko P. V., Pushkarova K. K., Baranovskyi V. B., Kochevykh M. O., Hasan Yu. H., Konstanyivskyi B. Ya., Raksha V. O. (2012). Budivelne materialoznavstvo. [Construction materials science]. Lira-K, Kyiv, 624 p. (in Ukrainian).
18. Mosspan V. I. (2011). Pidvyshchennia stiikosti pinobetonnoi sumishi. [Enhancing the stability of foam concrete mixture]. Visnyk PSACEA, 1–2, 73–76 (in Ukrainian).
19. Onyshchenko O. H., Onyshchenko V. O., Lytvynenko S. L., Korobko B. O. (2017). Budivelna tekhnika. [Construction equipment]. Kondor-Vydavnytstvo, Kyiv, 426 p. (in Ukrainian).
20. Runova R. F., Dvorkin L. Y., Dvorkin O. L., Nosovskyi Yu. L. (2012). V'iazuchi rehovyny. [Binding substances]. Osnova, Kyiv, 448 p. (in Ukrainian).
21. Runova R. F., Hots V. I., Helevera O. H., Konstanyivskyi O. P., Nosovskyi Yu. L., Pipa V. V. (2017). Osnovy vyrobnystva stinovykh ta ozdobiuvalnykh materialiv. [Basics of production of wall and finishing materials]. Osnova, Kyiv, 528 p. (in Ukrainian).
22. Sivko V. Y., Polyachenko V. A. (2004). Obladnannia pidpriemstv promyslovosti budivelnykh materialiv i vyrobiv. [Equipment of enterprises in the construction materials and products industry]. LLC "AVEGA", Kyiv, 276 p. (in Ukrainian).
23. Usherov-Marshak O. V., Hots V. I., Kabus O. V. (2022). Betony ta budivelni rozchyny. [Concretes and building mortars]. Osnova, Kyiv, 93 p. (in Ukrainian).

Kulai V. P., PhD Student, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine

Analysis of the efficiency of work of the equipment for the manufacture of construction solutions on the basis of controlling the quality indicators of the output product

The article evaluates the influence of technological factors on the final properties of solutions and studies the main parameters of construction mortar: consistency, strength, uniformity of mixing, which allows to increase the efficiency of production processes. The research is aimed at increasing the load capacity of finished products, ensuring the durability of products made on the basis of construction solutions. In modern construction production, such a material as aerated concrete is widely used, products from which are used for the construction of residential and industrial buildings up to four stories high. Testing the strength of aerated concrete is performed by key methods depending on the required characteristics (compressive strength, bending strength, etc.) The materials of the research are standard construction mortars produced on the equipment developed during the preparation of the dissertation. The technological processes of manufacturing mortars, loading speed, and humidity have a significant influence on the value of the strength limit of concrete. Strength is affected by the compaction factor of the concrete mixture, the production technology, and the quality of the components used. When designing a future building, many factors are taken into account, but the strength of concrete will always be the main characteristic, thereby determining the maximum load that this building material is capable of. As the substances that make up water and cement interact, the strength of concrete can increase. Each concrete has its own strength coefficients. It was established that the efficiency of the equipment significantly affects the stability and compliance of construction mortars with regulatory requirements. The relationship between the technological parameters of mixing plants and the quality of the finished product was studied. The role of automated systems in improving the accuracy of dosing of components, which contributes to the reduction of errors in the formulation, is evaluated. Prospective directions for optimizing the production process to increase productivity, reduce costs, and improve quality control are outlined. Recommendations for the introduction of modern technologies to increase the energy efficiency of equipment and minimize the influence of the human factor on the final result are offered. The obtained results can be useful for enterprises in the construction industry striving to increase the competitiveness of products and reduce production losses. The application of quality control methods at each stage of the production process will allow not only to ensure the compliance of construction mortars with the established standards, but also to increase their durability and operational characteristics in real conditions of use. The purpose of the study is to analyze the efficiency of the equipment based on the control of the quality indicators of the original product.

Key words: construction mortar, aerated concrete, building materials, consistency, strength, uniformity of mixing, compression, bending, load conditions, quality, efficiency, parameter control, technological factors.