



DOI 10.51885/1561-4212_2025_3_333
MPHTI 69.07

МОДИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ КОНВЕЙЕРНОГО ТИПА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ГАЗОЗОЛОБЕТОНА, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА В СЕЙСМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ РАЙОНАХ

СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАУІПТІ АУДАНДАРДА ҚҰРЫЛЫСҚА ЖАРАМДЫ ГАЗКҮЛБЕТОННАН БҰЙЫМДАР ӨНДІРУГЕ АРНАЛҒАН КОНВЕЙЕР ҮЛГІСІНДЕГІ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖЕЛІНІ ТҮРЛЕНДІРУ

MODIFICATION OF A CONVEYOR-TYPE TECHNOLOGICAL LINE FOR THE PRODUCTION OF AERATED CONCRETE PRODUCTS SUITABLE FOR CONSTRUCTION IN SEISMICALLY HAZARDOUS AREAS

О.В. Руденко ¹, Д.К. Аноп ^{1*}, С.П. Скориков ², А.В. Крючков ²,
С.С. Лутай ¹, М.М. Бегентаев ³

¹Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск, Казахстан

²ТОО «Технострой», г. Усть-Каменогорск, Казахстан

³Казахский национальный технический университет им. К. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

*Автор-корреспондент: Аноп Дарья Камилъевна, e-mail: danop@edu.ektu.kz

Ключевые слова:

ячеистый бетон,
газозолобетон,
модификации
технологии производства,
золошлаковые отходы,
устойчивое развитие.

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты исследований по модификации технологической линии конвейерного типа для производства изделий из газозолобетона, пригодных для строительства в сейсмически опасных районах. С использованием статистических методов проведен анализ и выявлены основные факторы, влияющие на качество газозолобетонных блоков. Проведен анализ производства неавноклавных газозолобетонных блоков по конвейерному типу производства на одном из промышленных предприятий Восточно-Казахстанской области. Выявлены основные причины, сдерживающие производство газозолобетонных блоков для сейсмостойкого строительства. Предложена модернизация технологической линии производства газозолобетонных блоков неавтоклавного твердения, пригодных для строительства в сейсмически опасных районах. Разработанная модификация технологической линии газозолобетонных блоков позволит получать продукцию с улучшенными эксплуатационными характеристиками и может быть использована в практике устойчивого строительства.

Түйінді сөздер:

ұялы бетон,
газ-күлбетон,
түрлендіру
өндіріс технологиясы
күл-қож қалдықтары,
орнықты даму.

ТҮЙІНДЕМЕ

Мақалада сейсмикалық қауіпті аудандарда құрылысқа жарамды газ-золбетон бұйымдарын өндіруге арналған конвейерлік типтегі технологиялық желіні модификациялау бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Статистикалық әдістерді қолдана отырып, тадау жүргізіліп, газ-золбетон блоктарының сапасына әсер ететін негізгі факторлар анықталды. Шығыс Қазақстан облысының өнеркә-



сіптік кәсіпорындарының бірінде өндірістің конвейерлік түрі бойынша автоклавсыз газ-золобетон блоктарының өндірісіне талдау жүргізілді. Жер сілкінісіне төзімді құрылыс үшін газ-золобетон блоктарын өндіруді тежейтін негізгі себептер анықталды. Сейсмикалық қауіпті аудандарда құрылысқа жарамды автоклавсыз қатайтылған газ-золобетон блоктарын өндірудің технологиялық желісін жаңғырту ұсынылды. Газ-золобетон блоктарының технологиялық желісінің әзірленген модификациясы өнімділігі жақсартылған өнімді алуға мүмкіндік береді және оны тұрақты құрылыс тәжірибесінде қолдануға болады.

Keywords:

Key words: aerated concrete, gas-ash concrete, modifications to production technology, ash and slag waste, sustainable development.

ABSTRACT

The article presents the results of research on the modification of a conveyor-type production line for the manufacture of aerated fly ash concrete products suitable for construction in seismically hazardous areas. Using statistical methods, an analysis was carried out and the main factors affecting the quality of aerated fly ash concrete blocks were identified. Analysis of manufacturing non-autoclaved aerated fly ash concrete blocks using a conveyor-type production line at one of the industrial enterprises in the East-Kazakhstan region was carried out. The main reasons hindering the production of aerated fly ash concrete blocks for earthquake-resistant construction were identified. Modernisation of the production line for non-autoclaved aerated fly ash concrete blocks suitable for construction in seismically hazardous areas was proposed. The developed modification of the aerated fly ash concrete block production line will allow for the manufacture of products with improved performance characteristics and can be used in sustainable construction practices.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка устойчивых строительных материалов для применения в сейсмоопасных районах не теряет своей актуальности. Так как сейсмическая нагрузка напрямую зависит от массы здания, в том числе от веса ограждающих конструкций, применение ячеистых блоков решает основную из задач сейсмостойкого строительства. Большую актуальность для сейсмостойкого строительства имеет применение газобетонных блоков (Rudenko O.V., et al., 2023). При этом необходимо получение ячеистых блоков с улучшенными характеристиками, отвечающих требованиям сейсмостойкого строительства.

Имеется множество исследований, посвященных улучшению характеристик газобетонных блоков. Имеются исследования по повышению прочности, снижению плотности ячеистого бетона за счет модифицирования ячеистого бетона различными добавками и дисперсного армирования его различными экологически чистыми и экономичными видами растительных волокон (Beskopylny A.N., et al., 2023). Также имеются исследования, посвященные уменьшению усадки бетонов (Statkauskas M., et al., 2022; Goncharova N.I., 2023). При этом, в качестве добавок зачастую используют отходы производства, что позволяет улучшить характеристики изготавливаемых материалов и производить в итоге устойчивые строительные материалы (Kozhageldi N., et al., 2021; Ma Sh., et al., 2023). Имеется исследование, посвященное сравнительному анализу характеристик неавтоклавного газобетона с другими строительными материалами, в том числе автоклавным газобетоном, где отмечается положительное влияние газобетонных блоков на энергосбережение жилых домов (Shon C.-S. et al., 2021).

Кроме статей по подбору рецептуры и соотношения компонентов, отдельно встречаются статьи, посвященные модернизации технологии производства изделий из ячеистых бетонов. В целом отмечается необходимость модернизации технологических



линий (UBlok Group, 2023). В работе (Chen C., et al., 2023) для производства высококачественных панелей из газобетона рекомендовано новое решение вертикальной резки, разделения и автоклавной обработки. Так как факторов, влияющих на качество блоков из ячеистого бетона очень много, вопрос улучшения их характеристик требует более глубокой проработки.

Целью настоящего исследования было модифицировать технологическую линию конвейерного типа для производства изделий из газозобетона, пригодных для строительства в сейсмически опасных районах, а также позволяющей снизить экологическую нагрузку. В качестве объекта исследований выступало предприятие Восточно-Казахстанской области, занимающееся выпуском блоков из ячеистого бетона, а именно неавтоклавных газозобетонных блоков по ГОСТ 21520.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Провести теоретический обзор по выявлению факторов, влияющих на качество газозобетонных блоков;
2. Провести анализ действующей технологической линии конвейерного типа для производства изделий из газозобетона;
3. Предложить технические решения по модернизации действующей технологической линии конвейерного типа с целью получения изделий из газозобетона, пригодных для строительства в сейсмически опасных районах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Блоки из ячеистых бетонов производятся по ГОСТ 21520, согласно которому плотность ячеистого бетона может быть от D500 до D1200, прочность – от B1,5 до B12,5. Размеры блоков предполагаются длиной от 288 до 598 мм, высотой – от 88 до 298 мм, толщиной – от 195 до 300 мм. При этом предъявляются жесткие требования к допускам по геометрическим размерам и форме блоков. При кладке блоков на клей отклонение по высоте и искривление граней ребер допускается ± 1 мм; по длине, ширине и от прямоугольной формы – ± 2 мм; повреждения углов и ребер – глубиной не более 5 мм.

В качестве цементного вяжущего для производства неавтоклавного ячеистого бетона применяется портландцемент, соответствующий ГОСТ 31108 марок М500 Д0 – М400 Д20. Производство газобетона предъявляет требования к портландцементу в отношении щелочности и определяется количеством свободной СаО и Na₂O+K₂O, которых в 1 литре должно быть не менее 75 мг.

В качестве известкового вяжущего используется известь по ГОСТ 9179.

В качестве заполнителя применяется песок, соответствующий требованиям ГОСТ 8736. Основные требования к песку: модуль крупности не более Мк 1,5 и минимальное содержание илистых и глинистых веществ.

В качестве наполнителей в составе газобетона возможно применять различные инертные и активные минеральные добавки и промышленные отходы: мука известняковая ГОСТ 26826, порошок минеральный ГОСТ Р 52129. Зола-унос с тепловых станций ГОСТ 25818, золошлаковые смеси ГОСТ 25592.

Общие требования, предъявляемые к наполнителям в составе газозобетона:

- образцы смеси золы (золошлаковой смеси) с портландцементом должны обеспечивать равномерность изменения объема при испытании образцов кипячением в воде;
 - тонкость помола (содержание частиц $d \geq 0,25$ мм не менее 85%);
 - химический состав, не мешающий процессу порообразования.
- применение указанных наполнителей требует корректировки состава ячеистобетонной смеси, но вместе с тем мелкий наполнитель позволяет корректировать рецептуру и экономить расход цемента.



В качестве порообразователя используют алюминиевый порошок ПАП-1 или ПАП-2 по ГОСТ 5494. В качестве ПАВ (поверхностно-активных веществ), способствующих снижению поверхностного натяжения и лучшему распределению частиц алюминиевой пудры в смеси, обеспечивающих необходимую смачиваемость, применяют хозяйственное мыло, сульфолон – порошок или стиральный порошок.

Для регулирования процессов порообразования, скорости набора прочности и иных характеристик применяются химические добавки. Конкретный набор добавок и их дозировка определяются при проведении пусконаладочных работ, поскольку существенно зависят от исходного сырья заказчика и его требований к качеству итогового продукта. Основные виды химических добавок: сульфонат – порошок; кальций хлористый технический кальцинированный; сульфат натрия природный (очищенный); сода каустическая. Вместо вышеперечисленных добавок может применяться суперпластификатор.

Для приготовления ячеистобетонной смеси используется вода по ГОСТ 23732.

Для производства неавтоклавного газобетона применяют конвейерный, кассетный методы и мобильные установки. Каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки. Например, конвейерный метод позволяет обеспечить поточность, высокую производительность и стабильное качество продукции, но требует значительных капитальных вложений и квалифицированного обслуживания. Тогда как кассетный (стационарный) метод прост в организации и менее затратен, но имеет более низкую производительность, а качество изделий в значительной мере зависит от человеческого фактора. Мобильные же установки больше подходят для выпуска блоков на строительной площадке.

На рассматриваемом предприятии ТОО "Технострой" имеется технологическая карта производства блоков стеновых мелких из ячеистых бетонов по конвейерной технологии.

Конвейерный метод производства позволяет осуществить двухкратный оборот опалубки в сутки. Автоматизация процессов подачи компонентов для производства ячеистого бетона сокращает применение ручного труда.

Установленное оборудование для производства изделий из ячеистого бетона по конвейерной технологии предполагает производительность при односменной работе для данного типа оборудования до 25 м³ в смену. Параметры конечного продукта – блоков из ячеистого бетона, варьируются от D500 B1,5 до D800 B2,5. Номинальные геометрические размеры: длина – 600 мм, высота – 300 мм, толщина – 200 мм.

В качестве основных компонентов для производства ячеистого бетона применяется вода, цемент, мелкий наполнитель (песок, золошлаковая смесь) и порообразователь (алюминиевая пудра).

В данном случае для производства используется обычная питьевая вода, которая для технологического процесса подогревается до температуры 40-50 °С. Потребность в воде составляет от 0,5 до 1,5 м³/час в зависимости от производительности линии.

Конвейерная технология производства изделий из ячеистого бетона состоит из следующих основных операций (рис. 1):

1. Подготовка форм к заливке (сборка, смазка);
2. Подготовка и заливка смеси (дозирование, смешивание, заливка);
3. Резка ячеистобетонного массива (снятие «горбушки», резка на блоки);
4. Термовлажностная обработка инфракрасным излучением в герметичной камере;
5. Перемещение готовых изделий с форм на европоддоны для упаковки.

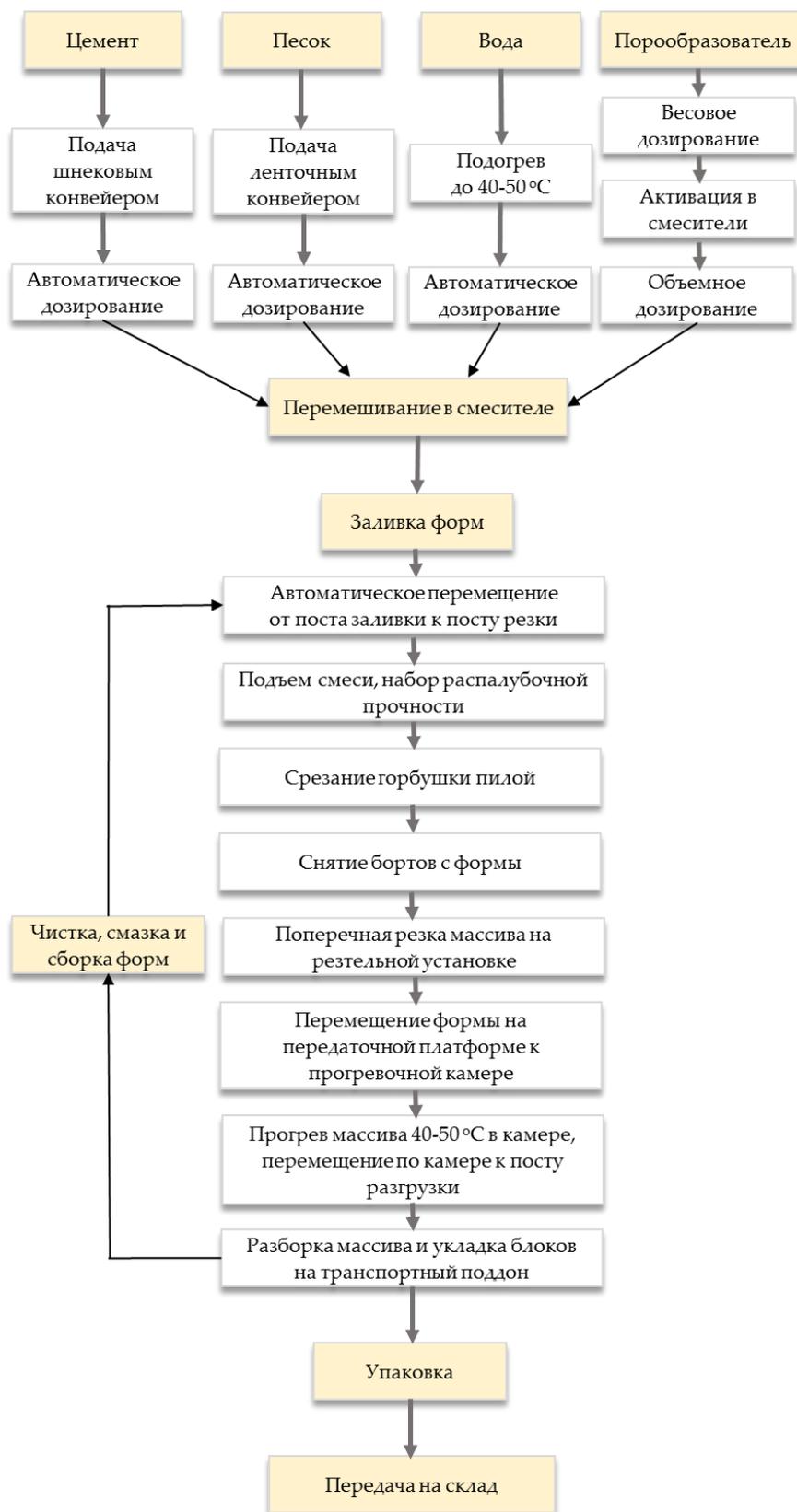


Рисунок 1. Маршрутная карта производства ячеистобетонных блоков на линии конвейерного типа

Примечание: составлено авторами на основе (ТК, 2023)



Последовательность технологических операций приведена на рис. 1 и выглядит следующим образом:

1. Подача цемента осуществляется шнековым конвейером из силоса цемента в промежуточный дозирующий бункер. Дозирование осуществляется автоматически по показаниям датчиков тензометрической платформы;

2. Песок подается ленточным конвейером в дозатор песка. При достижении в дозаторе предварительно настроенного значения массы песка, транспортер автоматически отключается;

3. В случае применения золы-уноса тепловых станций, подача золы производится шнековым конвейером из силоса непосредственно в дозатор золы;

4. Вода, нагретая до 40-50 °С, дозируется проточным дозатором (электронное управление, точность 0,1 литра) и наливается в промежуточную емкость. Данная емкость оснащена сливной горловиной большого диаметра для быстрого слива воды в смеситель;

5. Порообразователь дозируют по объему с использованием мерной емкости. В смесительной емкости происходит перемешивание с водой и небольшим количеством сульфанола (или другого СМС) происходит активация;

6. Вода из промежуточной емкости сливается в смеситель. Во время слива смеситель необходимо включить для образования турбулентной воронки;

7. В смеситель из промежуточных емкостей сыпается цемент и через минуту песок, происходит смешивание компонентов в смесителе в течение 2-3 минут;

8. По окончании смешивания перед сливом смеси добавляются химические добавки (ускорители твердения, пластификаторы – по необходимости) и затем порообразователь;

9. Тщательно перемешанный раствор сливается в подготовленную форму. Приготовление ячеистобетонной смеси и заливка ее в формы должны осуществляться при положительной температуре окружающего воздуха (от +18 °С);

10. Форма, залитая ячеистобетонной смесью, передвигается от поста заливки к посту резки, во время перемещения происходят подъем смеси, предварительный набор прочности и одновременно заливка следующей формы;

11. Через 90 - 140 минут массив подходит к посту резки. В данный момент массив ячеистого бетона (поробетон) имеет высокую пластичность и легко обрабатывается. Снятие шапки (горбушки) происходит перед снятием бортов, которые в данном случае выступают в роли направляющих для пилы;

12. Ячеистобетонный массив разрезается на блоки с помощью резательной установки струнного типа, точность реза составляет +/- 3 мм, что соответствует ГОСТ 21520;

13. Форма с разрезанным массивом передвигается на передаточной платформе в герметичную камеру термовлажностной обработки инфракрасным излучением, где при температуре от 90 до 160 °С происходит дальнейший набор прочности в течение 6 - 8 часов в присутствии паровоздушной смеси, образующейся от испарения несвязанной влаги в процессе кристаллизации ячеистобетонной смеси. По камере формы перемещаются автоматически с помощью электромеханического толкающего устройства;

14. Через 6 - 8 часов форма с изделиями выезжает из камеры ТВО с достаточной отпускной прочностью и готовые блоки перекадывают на европоддоны, упаковывают, маркируют и отправляют на склад готовой продукции;

15. Освободившаяся форма подготавливается к заливке – очищается, устанавливаются борта, смазывается;

16. Цикл повторяется, все действия в производственном цикле происходят одновременно, что позволяет получить высокую производительность и оборачиваемость форм.



Несмотря на наличие производственной линии, которая может обеспечивать выпуск продукции до 80 м³ в сутки и довольно подробной технологической карты, текущий объем производства не превышает 700 штук (24 м³).

Кроме того, применение в производстве золошлаковых отходов требует более пристального внимания к факторам, влияющим на качество изготавливаемой продукции.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты анализа факторов, влияющих на качество газозолобетонных блоков статистическими методами представлены на рис. 2.

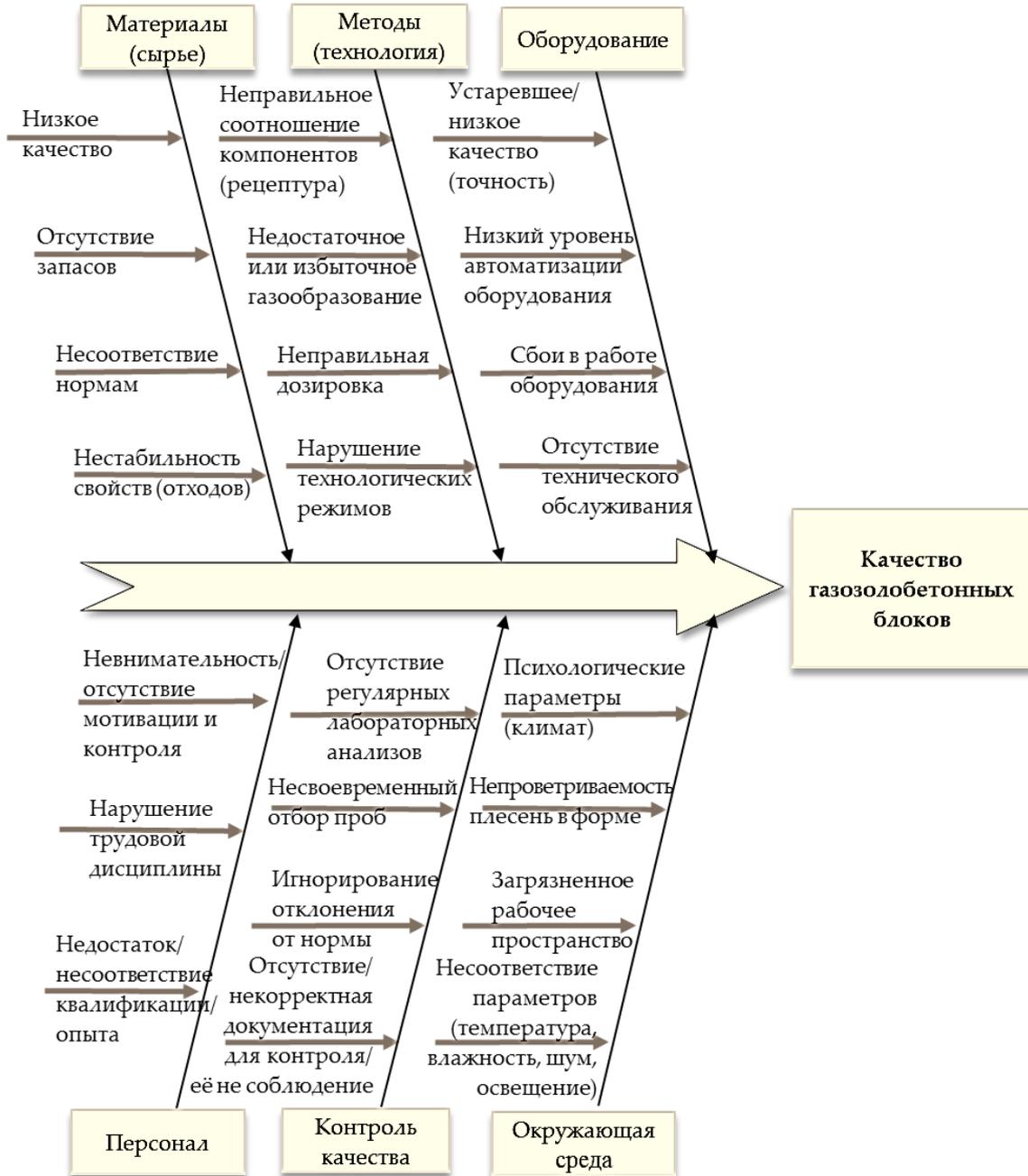


Рисунок 2. Факторы, влияющие на качество газозолобетонных блоков

Примечание: составлено авторами



Анализ работы существующей технологической линии позволил выявить факторы, оказывающие отрицательное влияние на качество готовой продукции:

- точность дозирования компонентов оказывает значительное влияние на основные характеристики газозолобетона, такие как прочности, плотность, а, следовательно, теплопроводность и морозостойкость;
- точность дозирования цемента оказывает значительное влияние на прочность газозолобетона;
- отсутствие пенетрометра затрудняет определение момента начала резки массива на блоки, что приводит к нарушению допусков на геометрические размеры готовой продукции, а иногда и к полному браку;
- износ существующих поддонов и форм, что приводит к изначальному нарушению требуемых геометрических размеров;
- отсутствие утепления поддонов и форм приводит к нестабильности реакции газообразования в течение всего времени подъема;
- малая объемная мощность смесителя-активатора не позволяет равномерно перемешать компоненты и достаточно активировать химические процессы, обеспечивающие газообразование;
- износ сита слива смеси приводит к попаданию нестандартных частиц в изделие, что приводит к браку поверхности при резке;
- состояние и конструкция рельсовых путей в значительной мере влияют на точное позиционирование форм при подаче их на посты заливки и резки;
- отсутствие специального приспособления для снятия горбушки приводит к нестабильным размерам по высоте блока;
- морально устаревшая резательная установка не позволяет изготавливать блоки разных типоразмеров и конфигураций;
- отсутствие системы утилизации бракованной продукции.

Визуальный осмотр технологии производства газозолобетонных блоков на рассматриваемом предприятии и анализ стабильности качества показал, что для получения блоков, пригодных для сейсмостойкого строительства, кроме улучшения рецептуры изготовления путем подбора оптимального состава с повышенной прочностью и сниженной плотностью блоков, также требуется модернизация оборудования для повышения стабильности и объема производства.

На основании анализа факторов, влияющих на качество газозолобетонных блоков и анализа действующей технологической линии была предложена следующая модернизация технологической линии (таблица 1).

Таблица. Технологическая линия конвейерного типа, модифицированная для производства изделий из газозолобетона

№ п/п	Существующее оборудование	Оборудование для модернизации	Основное отличие	Влияние на качество
1	2	3	4	5
1	Шнек для цемента Ø159 мм/l=4500 мм	Шнек для цемента Ø159 мм/l=5000 мм	Конструктивные отличия, влияющие на производительность, автоматизация дозаторов	Автоматизация дозаторов, прочность, плотность, теплопроводность
2	Раствариватель для цемента	Раствариватель для цемента	Конструктивные отличия, влияющие на производительность	Прочность, плотность, теплопроводность



Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
3	Вибросито АСМ-Вибро Производительность – 0,43 м ³	Вибросито АСМ-Вибро Производительность – 0,86 м ³	Конструктивные отличия, производительность увеличена в 2 раза, особенно важно использование вибросита при производстве газобетона с применением механизированной резки, так как посторонние включения в газобетонной смеси могут помешать получить ровный рез при разрезании массива на отдельные блоки	Прочность, плотность, теплопроводность
4	5 метров, лента транспортерная ровная	Ленточный транспортер 6 м с шевронной лентой, с ребрами	6 метров, лента транспортерная с ребрами для более производительной работы, автоматизация дозаторов	Автоматизация дозаторов, прочность, плотность, теплопроводность
5	Блок весовых дозаторов на 3 компонента (цемент, песок, вода) Производительность – 0,43 м ³	Блок весовых дозаторов на 3 компонента (цемент, песок, вода) Производительность – 0,86 м ³	Емкость каждого из весовых дозаторов увеличена в 2 раза, обеспечивает высокую точность дозирования и как следствие стабильно высокое качество готовой продукции от партии к партии	Точность дозирования, прочность, плотность, теплопроводность
6	Отсутствует	Пенетрометр	Модернизированный вид оборудования для современного производства	Пластическая прочность газобетонного массива и готовность его к этапу резки
7	Смеситель-активатор под блок дозаторов производительность 0,43 м ³	Смеситель-активатор Производительность – 0,86 м ³	Конструктивные отличия, производительность увеличена в 2 раза	Прочность, плотность, теплопроводность
8	Поддоны форм с металлическим дном 2,4×0,6×0,3 м на 12 газоблоков	Поддоны форм, утепленные с металлическим дном 2,4×0,6×0,6 м на 24 газоблока	Конструктивные отличия, утепленные, количество блоков в форме увеличено на 12 шт, позволяют наиболее рационально организовать производство, разместив стационарно основные узлы, такие как смесительный узел, резательная установка	Геометрические размеры



Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
9	Борта форм (комплект) 2,4×0,6×0,3 м на 12 газоблоков	Борта форм (комплект) 2,4×0,6×0,6 м на 24 газоблока	Конструктивные отличия, количество блоков в форме увеличено на 12 шт, изготовлены с применением высокоточной лазерной резки и обеспечивают особую герметичность в собранном виде	Геометрические размеры
10	Сито для слива смеси в форму	Сито для слива смеси в форму	Улучшенное	Прочность, плотность, теплопроводность
11	Толкатель электро-механический	Толкатель электро-механический	Конструктивные отличия, влияющие на производительность, плавное перемещение является ключевой особенностью данного толкателя, что позволяет в точности соблюдать требования технологического регламента	Плавное перемещение форм в конвейерной линии, геометрические размеры
12	Толкатель электромеханический двойной	Толкатель электромеханический двойной	Конструктивные отличия, влияющие на производительность, плавное поочередное перемещение форм в две камеры прогрева конвейерных линий с полной автоматизацией	Плавное поочередное перемещение форм в две камеры прогрева конвейерных линий с полной автоматизацией, геометрические размеры
13	Блок управления электромеханическим толкателем	Блок управления электромеханическим толкателем	Конструктивные отличия, влияющие на производительность, обеспечивает бесперебойную работу электромеханического толкателя обеспечивая правильный алгоритм его работы	Геометрические размеры, прочность, плотность
14	Передаточная тележка	Передаточная тележка	Конструктивные отличия, влияющие на производительность	Производительность, прочность, плотность
15	Основной рельсовый путь (рельсы, опоры, поперечины) (пог. м)	Основной рельсовый путь (рельсы, опоры, поперечины) (пог. м)	Конструктивные изменения, позволяющие наиболее точно позиционировать формы при подаче их на посты заливки и резки	Производительность, прочность, плотность



Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
16	Передаточный рельсовый путь	Передаточный рельсовый путь	Конструктивно улучшен	Производительность, прочность, плотность
17	Возвратная тележка	Возвратная тележка	Конструктивные отличия, влияющие на производительность	Производительность, прочность, плотность
18	Возвратный рельсовый путь	Возвратный рельсовый путь	Конструктивно улучшен	Производительность, прочность, плотность
19	Отсутствует	Скребок для снятия горбушки	Модернизированный вид инструмента для современного производства	Геометрические размеры
20	Автоматизированная резательная установка Позволяет изготавливать блоки шириной 100, 150, мм	Автоматизированный резательный комплекс Позволяет изготавливать блоки шириной 100, 150, 200, 250, 300 и 400 мм.	Конструктивные отличия, автоматизированный срез горбушки, возможность горизонтального реза, распил массива высотой 300 и 600 мм, изготовление U-блоков, изготовление блоков с ручками, изготовление блоков Smart-Lock	Геометрические размеры, прочность, плотность
21	Отсутствует	Шаблон для резки с комплектом пил конвейерной линии	Модернизированный вид оборудования для современного производства	Геометрические размеры
22	Отсутствует	Пост разгрузки блоков ПРБ-2	Модернизированный вид оборудования для современного производства	Первоначальная сохраняемость формы блоков
23	Отсутствует	Дробилка для отходов	Модернизированный вид оборудования для современного производства	Безотходность производства

Примечание: составлено авторами

Модернизация оборудования включает закуп нового оборудования улучшенными характеристиками, которое повысит точность дозирования, что будет способствовать улучшению прочности и плотности, а также теплопроводность газозолобетонных блоков. Кроме этого, модернизация линии обеспечит повышение точности геометрических размеров, что особенно важно для обеспечения прочности нормального сцепления в кладке при строительстве в сейсмически опасных районах. Технические характеристики нового оборудования и уровень автоматизации технологического процесса позволят увеличить количество производимых газозолобетонных блоков без увеличения численности сотрудников.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ факторов, влияющих на качество газозолобетонных блоков и действующей технологической линии конвейерного типа для производства изделий из газозолобетона позволил предложить технические решения по её модернизации. Модернизация технологической линии конвейерного типа производства позволит производить газозолобетонные блоки большего спектра типоразмеров, пригодные для строительства в сейсмически опасных районах.

В дальнейшем для более полного соответствия принципам устойчивого строительства будут проведены исследования по оптимизации энергопотребления модернизированной технологической линии по производству газозолобетонных блоков и поиск решений для снижения энергозатрат.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант No. BR21882292 – «Комплексное развитие устойчивых строительных отраслей: инновационные технологии, оптимизация производства, эффективное использование ресурсов и создание технопарка»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Beskokopylny, A., Shcherban', E., Stel'makh, S., Mailyan, L., Meskhi, B., Evtushenko, A., El'shaeva, D., & Chernil'nik, A. (2023). Improving the physical and mechanical characteristics of modified aerated concrete by reinforcing with plant fibers. *Fibers*, 11(4), 33. <https://doi.org/10.3390/fib11040033>
- Chen, C., Xu, Sh., Qi, G., & Huo, W. (2023). Technical innovation and research of autoclaved aerated concrete block/panel equipment. *ICAAC 2023: 7th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete*, 6(2), 339–347.
- Goncharova, N. (2023). Non-autoclaved aerated concrete with microfill and its properties. *Spectrum Journal of Innovation*, 22, 175–179.
- Kozhageldi, N., Shon, C., Yerbolat, I., Orynbassarov, I., Zhang, D., & Kim, J. (2022). Thermal performance evaluation of non-autoclaved aerated concrete produced with crushed waste glass bottle aggregate and glass fiber. *Materials Science Forum*, 1077, 243–249. <https://doi.org/10.4028/p-1689hp>
- Ma, Sh., Kong, Y., Li, L., & others. (2023). Technical innovation of autoclaved aerated concrete preparation from desulfurization wastewater and sludge and its life cycle assessment. *Energy Sources*, 45(4), 12759–12773. <https://doi.org/10.1080/15567036.2023.2276900>
- Rudenko, O., Anop, D., Lutai, A., Soshnikov, N., Aubakirova, Z., & Kuldeyev, E. (2023). Global and domestic experience of aerated concrete production and the possibility of using local materials. *Vestnik nauki*, 4, 324–334. https://doi.org/10.51885/1561-4212_2023_4_324 // Rudenko, O., Anop, D., Lutai, A., Soshnikov, N., Aubakirova, Z., & Kuldeyev, E. (2023). Global'nyy i otechestvennyy opyt proizvodstva yacheistogo betona i vozmozhnost' ispol'zovaniya mestnykh materialov [Global and domestic experience of aerated concrete production and the possibility of using local materials]. *Vestnik nauki*, 4, 324–334. https://doi.org/10.51885/1561-4212_2023_4_324 (In Russ.)
- Shon, C.-S., Mukangali, I., Zhang, D., Ulykbanov, A., & Kim, J. (2021). Evaluation of non-autoclaved aerated concrete for energy behaviors of a residential house in Nur-Sultan, Kazakhstan. *Buildings*, 11, 610. <https://doi.org/10.3390/buildings11120610>
- Statkauskas, M., Grinys, A., & Vaičiukynienė, D. (2022). Investigation of concrete shrinkage reducing additives. *Materials*, 15(9), 1–19. <https://doi.org/10.3390/ma15093407>



- UBlok Group. (2023). Changxing factory technical retrofit report.
- ГОСТ 5494-95 (2006). Пудра алюминиевая. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 12. // GOST 5494-95 (2006). Pudra alyuminievaya. Tekhnicheskie usloviya [Aluminum powder. Technical specifications]. Moscow: Standartinform, 12. (In Russ.)
- ГОСТ 8736-2014 (2015). Песок для строительных работ. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 17. // GOST 8736-2014 (2015). Pesok dlya stroitel'nykh работ. Tekhnicheskie usloviya [Sand for construction works. Technical specifications]. Moscow: Standartinform, 17. (In Russ.)
- ГОСТ 21520-89 (2004). Блоки из ячеистых бетонов стеновые мелкие. Технические условия. Москва: ИПК Издательство стандартов, 7. // GOST 21520-89 (2004). Bloki iz yacheistyx betonov stenovyye melkie. Tekhnicheskie usloviya [Small wall blocks made of cellular concrete. Technical specifications]. Moscow: IPK Izdatel'stvo standartov, 7. (In Russ.)
- ГОСТ 23732-2011 (2012). Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 16. // GOST 23732-2011 (2012). Voda dlya betonov i stroitel'nykh rastvorov. Tekhnicheskie usloviya [Water for concrete and construction mortars. Technical specifications]. Moscow: Standartinform, 16. (In Russ.)
- ГОСТ 25592-2019 (2024). Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов. Технические условия. Минск: Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 19. // GOST 25592-2019 (2024). Smesi zoloshlakovye teplovykh elektrostantsiy dlya betonov. Tekhnicheskie usloviya [Ash and slag mixtures of thermal power plants for concretes. Technical specifications]. Minsk: Evraziyskiy sovet po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii, 19. (In Russ.)
- ГОСТ 31108-2020 (2025). Цементы общестроительные. Технические условия. Минск: Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 24. // GOST 31108-2020 (2025). Tsementy obshchestroitel'nye. Tekhnicheskie usloviya [General construction cements. Technical specifications]. Minsk: Evraziyskiy sovet po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii, 24. (In Russ.)
- ТК. (2023). Технологическая карта производства блоков стеновых мелких из ячеистых бетонов по конвейерной технологии. ТОО «Технострой» // ТК. (2023). Tekhnologicheskaya karta proizvodstva blokov stenovykh melkikh iz yacheistyx betonov po konveyernoy tekhnologii [Technological map for the production of small wall blocks from cellular concretes using conveyor technology]. ТОО "Tekhnostroy". (In Russ.)

Авторлар туралы мәліметтер
Информация об авторах
Information about authors



Руденко Ольга Владимировна – техника ғылымдарының кандидаты, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан

Руденко Ольга Владимировна – кандидат технических наук, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

Rudenko Olga Vladimirovna – Doctor of Technical Sciences, East Kazakhstan Technical University named after D. Serikbaev, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan,

e-mail: O_Rudenko_vkqtu@mail.ru,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9783-5466>,



Аноп Дарья Камильевна – техника ғылымдарының кандидаты, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан

Аноп Дарья Камильевна – кандидат технических наук, Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

Anop Daryya Kamilyevna – Doctor of Technical Sciences, East Kazakhstan Technical University named after D. Serikbaev, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan,

e-mail: danop@edu.ektu.kz,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4633-6584>,



Скориков Сергей Петрович – «Технострой» ЖШС директорының орынбасары, Қазақстан

Скориков Сергей Петрович – заместитель директора ТОО «Технострой», Казахстан

Skorikov Sergey – Deputy Director of Technostroy LLP, Kazakhstan,

e-mail: s.skorikov@icloud.com,

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6552-830X>,



Крючков Алексей Валерьевич – «Технострой» ЖШС директоры, Қазақстан

Крючков Алексей Валерьевич – директор ТОО «Технострой», Казахстан

Kryuchkov Alexey – Director of Technostroy LLP, Kazakhstan,

e-mail: tehnostroy2001@mail.ru,

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3034-9744>,



Лутай Сергей Сергеевич – Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан

Лутай Сергей Сергеевич – Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

Lutai Sergey – East Kazakhstan Technical University named after

D. Serikbaev, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan,

e-mail: sslutai@mail.ru,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2238-9083>,



Бегентаев Мейрам Мухаметрахимович – экономика ғылымдарының докторы, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан

Бегентаев Мейрам Мұхаметрақымұлы – доктор экономических наук, Казахский национальный технический университет им. К. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

Meiram Begentayev – Doctor of economics, K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, Almaty, Kazakhstan,

e-mail: m.begentayev@satbayev.university