



УДК 621.74

## КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ. ИССЛЕДОВАНИЯ. РАЗРАБОТКА

С. Л. РИМОШЕВСКИЙ, Д. М. ГОЛУБ, Н. А. ЯЦЕВИЧ, ОАО «БЕЛНИИЛИТ»,  
г. Минск, Беларусь, ул. Машиностроителей, 28. E-mail: marketing@belniilit.by.

*Автоматизация и внедрение современных технологий в литейное производство открывают новые перспективы для повышения качества, производительности и экономической эффективности. Успешные примеры внедрения автоматизированных систем, таких, как установка П1937, демонстрируют, что современные технологии могут существенно изменить подход к производственным процессам и стать основой для дальнейшего развития и совершенствования литейной промышленности. Установка ОАО «БЕЛНИИЛИТ» предназначена для ускоренного определения в автоматическом режиме значений уплотняемости, предела прочности на сжатие в сыром состоянии, влажности сырых песчано-глинистых формовочных смесей, находящихся внутри смесителя.*

**Ключевые слова.** Исследования, смесь, свойства, формовочная, смесеприготовление, прибор, установка, измерение, уплотняемость, прочность, сжатие, предел, сырой, влажность, оборудование, лаборатория, контроль, управление, технология, качество, значение, замер, данные, точность, устройство.

## QUALITY CONTROL OF MOLDING MIXTURES. RESEARCH. DEVELOPMENT

S. L. RIMOSHEVSKY, D. M. GOLUB, N. A. YATSEVICH, OJSC "BELNIIILIT",  
Minsk, Belarus, 28, Mashinostroiteley str. E-mail: marketing@belniilit.by.

*Automation and implementation of modern technologies in foundry production open up new prospects for improving quality, productivity and economic efficiency. Successful examples of the implementation of automated systems, such as the P1937 unit, demonstrate that modern technologies can significantly change the approach to production processes and become the basis for further development and improvement of the foundry industry. The OJSC "BELNIIILIT" unit is designed for accelerated automatic determination of the values of compactability, compressive strength in the raw state, and the moisture content of raw sand-clay molding mixtures inside the mixer.*

**Keywords.** Research, mixture, properties, molding, mixing, device, unit, measurement, compactability, strength, compression, limit, raw, moisture, equipment, laboratory, control, management, technology, quality, value, measurement, data, accuracy, device.

Контроль качества формовочных смесей имеет долгую историю, начиная с простейших ручных методов и заканчивая современными автоматизированными системами, и всегда был важной задачей в литейной промышленности. В прошлом для контроля качества использовали преимущественно визуальные и тактильные методы, а также простейшие механические приборы для измерения основных параметров, таких, как плотность и влажность. Со временем появились более точные и сложные методы.

Различные методики и оборудование для измерения физических свойств формовочных смесей описаны в многочисленных исследованиях. Однако до сих пор на многих смесеприготовительных участках литейных предприятий отсутствуют универсальные решения, которые бы обеспечивали высокую точность и стабильность измерений при различных внешних условиях.

Наряду с внедрением и развитием своих разработок в области смесеприготовления для литейного производства в ОАО «БЕЛНИИЛИТ» в последнее десятилетие уделяют внимание совершенствованию системы оперативного контроля физико-механических свойств сырых песчано-глинистых формовочных смесей. Так, специалистами проведена научно-исследовательская работа и создано оборудование для контроля влажности сырой песчано-глинистой формовочной смеси в бункере, на ленточном транспортере, внутри смесителя. Каждый из перечисленных методов имел ряд достоинств и недостатков. Применяемые физические принципы измерения и агрегатное состояние измеряемой формовочной смеси не

давали возможности иметь ее точные характеристики, получаемая стабильность значений измерений и отрицательные постоянно изменяющиеся внешние факторы сдерживали широкое распространение разработок до настоящего времени.

Путем проб, ошибок и положительных достижений в научных исследованиях, а также на основе полученного существенного практического опыта в области контроля свойств смеси на разных предприятиях специалисты ОАО «БЕЛНИИЛИТ» в 2021 г. создали установку модели П1937 (рис. 1) по определению ряда физико-механических свойств сырых песчано-глинистых формовочных смесей. Установка располагается сбоку чаши смесителя и в автоматическом режиме отбирает пробы формовочной смеси, определяет свойства и передает их значения в контроллер системы управления смесителя или автоматизированного смесеприготовительного комплекса (АСК) для записи или корректировки добавок в смесь, находящуюся в смесителе.

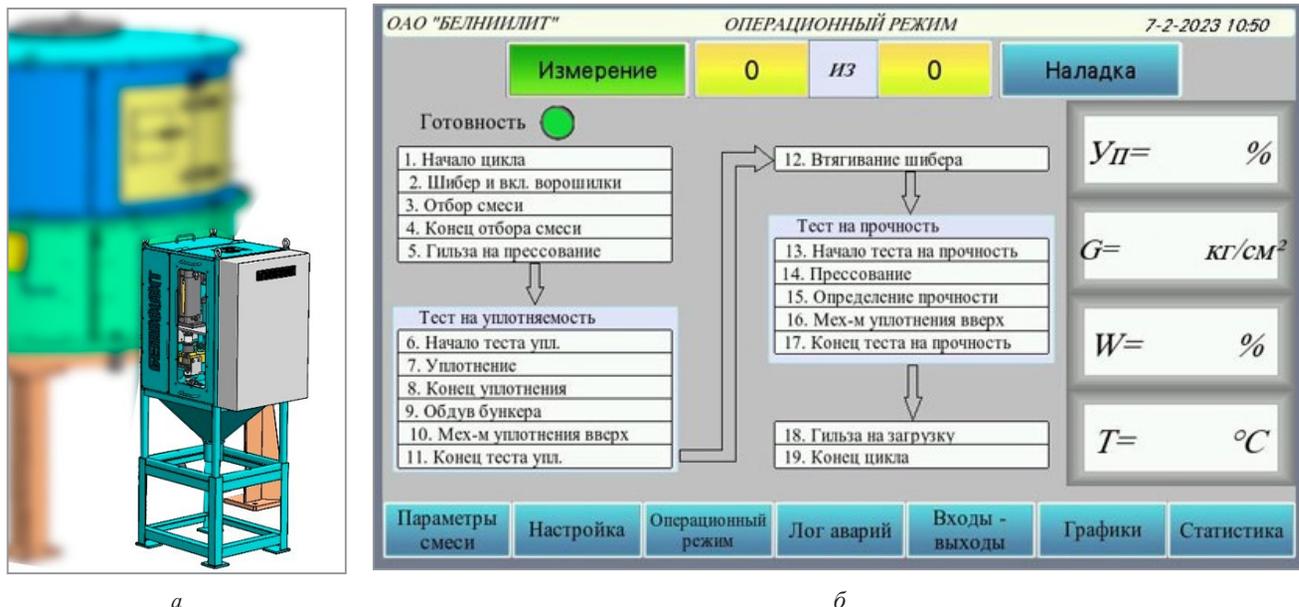


Рис. 1. Общий вид автоматизированной системы контроля качества формовочной смеси модели П1937 конструкции ОАО «БЕЛНИИЛИТ», установленной на вихревой смеситель: а – панель оператора; б – мнемосхема

Установка может быть интегрирована в систему управления смесителем для оперативной корректировки свойств смеси, а также работать автономно для фиксирования, отображения текущих свойств, ведения статистики физико-механических свойств смеси, даты и времени отбора. Технические характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики установки П1937

Наименование	Значение
Режим работы	Автоматический, наладочный
Время цикла, с	От 15
Контролируемые свойства	Предел прочности на сжатие в сыром состоянии Уплотняемость Влажность (косвенный показатель)
Погрешность измерений	0,1–0,3
Напряжение силовой цепи, В	220/380
Частота тока, Гц	50
Установленная мощность, кВт	0,6
Род тока	Переменный трехфазный
Операционная система	Контроллер
Габаритные размеры, мм	850×820×1690
Масса, кг	280

Для изготовления узлов установки применяются технологии 3D-печати с использованием современных материалов с определенными свойствами.



Рис. 2. Элементы конструкции установки, напечатанной с помощью 3D-принтера

Детали позволяют исключить трудоемкую работу раскройки металла, сварочные, фрезерные и слесарные работы. Проводятся испытания узлов, изготовленных с помощью 3D-печати.

В ходе исследовательских работ выявлены закономерные взаимосвязи между физико-механическими свойствами формовочной смеси, которые были заложены в основу измерения свойств, в том числе расчетов. Примером может служить алгоритм определения влажности песчано-глинистой формовочной смеси (табл. 2).

Таблица 2. Оптимальные значения влажности сырой песчано-глинистой формовочной смеси

Наименование предприятия	Оптимальная (по нижнему пределу) влажность*, %, при уплотняемости 35%
«Асимко», КНР, производство отливок поршневых колец, вертикально-стопочная формовка	2,8
ОАО «Могилевлифтмаш», воздушно-импульсное уплотнение	4,5
ОАО «Атлант», г. Барановичи, формовочные линии DISA	2,8
ОАО «МТЗ», г. Минск, формовочная линия DISA	2,7
ООО «Муромский стрелочный завод», пескомет	5,0
ОАО «Полесьэлектромаш», формовочная линия DISA	4,2
ООО «Автоваз», г. Тольятти, формовочная линия SPO	3,3
ООО «Автоваз», г. Тольятти, формовочная линия стопочной формовки ОАО «БЕЛНИИЛИТ»	3,3
ОАО «БЕЛНИИЛИТ», г. Минск, для формовочных машин прессовой формовки 4812 (вертикально-стопочная формовка)	3,6

\* Свойства используемых смесей взяты из открытых источников.

Требования к показателям уплотняемости сырой песчано-глинистой формовочной смеси практически на всех предприятиях аналогичны и в среднем составляют 35–45%. Это объясняется наилучшими показателями формуемости, текучести, оптимальными значениями прочности формовочной смеси в этом диапазоне уплотняемости, хорошими условиями заполнения формы и др. Однако таких показателей предприятия достигают при абсолютно разных значениях содержания влаги в формовочной смеси (табл. 2). Эти различия подчеркивают необходимость индивидуального подхода к контролю качества смеси на каждом конкретном предприятии.

По результатам опытов, проведенных в ОАО «БЕЛНИИЛИТ», получены фото внешнего состояния смеси различных предприятий при одинаковой влажности 2,6% (рис. 3). Отражены значения уплотняемости формовочных смесей при указанной влажности.

Указанные значения оптимальной влажности сырых песчано-глинистых формовочных смесей на литейных предприятиях объясняются отличием составов смесей, применяемыми марками песков и добавок, содержанием глинистой составляющей, активной глины, тщательностью оздоровления смеси, требованиями процесса формообразования и др. (рис. 4).



Формовочная смесь «Асимко», КНР. Уплотняемость – 30%. Справа – комок, сжатый рукой. Применяется для изготовления вертикально-стопочных форм на оборудовании ОАО «БЕЛНИИЛИТ» и производстве отливок поршневых колец двигателей внутреннего сгорания.

Смесь на предприятии при такой низкой влажности хорошо формуется, не имеет осыпаемых кромок, получаются качественные формы.



Формовочная смесь «Могилевлифт-маш», Беларусь, г. Могилев. Уплотняемость 17%. Справа – комок, сжатый рукой.

Смесь при влажности 2,6% имеет высокую осыпаемость, плохо формуется, имеет высокую хрупкость. При такой влажности смесь не применяется.



Формовочная смесь «Полесьеэлектромаш», Беларусь, г. Лунинец. Уплотняемость 12%.

Смесь при влажности 2,6% практически не формуется и не применяется на предприятии.

Рис. 3. Внешнее состояние и характеристики формовочной смеси при влажности 2,6%

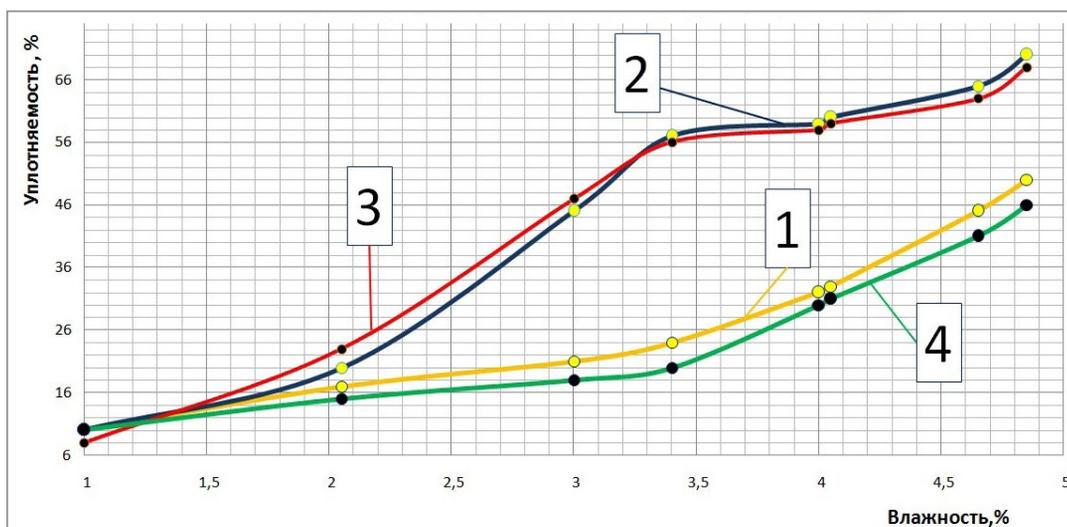


Рис. 4. Зависимость показателя влажности используемой смеси от уплотняемости:  
 1 – ОАО «Полесьеэлектромаш»; 2 – ОАО «БЕЛНИИЛИТ»;  
 3 – ООО «Муромский стрелочный завод»; 4 – ОАО «Могилевлифтмаш»

Исследования других ученых также подтверждают, что значения оптимальной влажности формовочной смеси варьируется в зависимости от состава смеси, типа песка и глинистых компонентов, условий производственного процесса. Например, в [1] обсуждаются различные подходы к оптимизации влажности формовочной смеси для улучшения ее физических свойств и повышения качества готовых отливок.

Установка П1937 конструкции ОАО «БЕЛНИИЛИТ» позволяет быстро определить точные данные о свойствах смеси и передать визуальные и математические их значения для дальнейшей оперативной корректировки прямо в смесителе. Автоматизация и интеграция данных играют ключевую роль в современных производственных процессах, их внедрение в литейное производство открывает новые возможности для улучшения качества и экономической эффективности. Установка П1937 – яркий пример того, как современные технологии могут изменить подход к контролю качества и управлению производством, делая его более эффективным и надежным. Она является важным шагом на пути к автоматизации контроля качества в литейном производстве, позволяет существенно повысить качество формовочных смесей, улучшить стабильность производственного процесса и снизить затраты, проводить научно-экспериментальные работы. В рамках работы филиала кафедры БНТУ в ОАО «БЕЛНИИЛИТ» проходят преддипломные практики студенты кафедры, в том числе на исследовательскую тематику, с задействованием лабораторной базы ОАО «БЕЛНИИЛИТ» и установки П1937.

Установка проходила испытания в ОАО «Могилевлифтмаш», успешно интегрирована в систему управления смесеприготовительным комплексом в ООО «Муромский стрелочный завод», Россия, эксплуатируется в ОАО «Полесьеэлектромаш», Беларусь, работает вместе с вихревым смесителем в ОАО «БЕЛНИИЛИТ».

Преимущества интегрированной системы управления качеством при помощи установки П1937:

- Повышенная точность и надежность данных: интеграция данных позволяет минимизировать ошибки и повысить точность контроля.
- Оперативное реагирование на изменения: система позволяет оперативно вносить изменения в процесс на основе текущих данных, что значительно повышает эффективность производства.
- Анализ и оптимизация процессов: собранные данные могут быть использованы для анализа и оптимизации производственных процессов, выявления узких мест и потенциальных улучшений.

Автоматизация и внедрение современных технологий в литейное производство открывают новые перспективы для повышения качества, производительности и экономической эффективности. Успешные примеры внедрения автоматизированных систем, таких, как установка П1937, демонстрируют, что современные технологии могут существенно изменить подход к производственным процессам и стать основой для дальнейшего развития и совершенствования литейной промышленности.

Дальнейшие исследования и разработки в этой области могут привести к созданию еще более совершенных систем контроля, способных учитывать широкий спектр факторов и условий производства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Data-driven process analysis for iron foundries with automatic sand molding process / C. Baitiang, [et al.] // International Journal Metalcasting. – 2023. – Vol. 18. – P. 1135–1150.

## REFERENCES

1. **Baitiang C., Weiß K., Krüger M. [et al.]** Data-driven process analysis for iron foundries with automatic sand molding process. International Journal Metalcasting 2023, vol. 18, pp. 1135–1150.