



РАЗМОЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ОБЖИГОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ОБЕСПЫЛИВАЮЩЕЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ

БАРАБАННЫЕ СМЕСИТЕЛИ  
И ОКОМКОВАТЕЛИ

СУШИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ДРОБИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ





**Tikhomirov L. I.**, Ph.D. in Engineering Science, CEO of ITPS, Moscow, Russia;  
**Vasyukov D. E.**, Ph.D. in Economics., Head of Oilfield Services at ITPS, Moscow, Russia;  
**Mezentsev A. S.**, Chief Products Officer at ITPS, Moscow, Russia;  
**Romanov D. S.**, Director of Digital Manufacturing at ITPS, Moscow, Russia



## INTEGRATED APPROACH TO PERFORMANCE IMPROVEMENT OF THE CEMENT PRODUCTION PLANT. GROWTH KEY POINTS OF AND IMMEDIATE EFFECTS



**Тихомиров Л. И.**, канд. тех. наук, руководитель ITPS, Москва, Россия;  
**Васюков Д. Е.**, канд. эконом. наук, директор по нефтесервисному направлению ITPS, Москва, Россия;  
**Мезенцев А. С.**, директор по продуктам ITPS, Москва, Россия;  
**Романов Д. С.**, директор по цифровому производству ITPS, Москва, Россия



## ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЦЕМЕНТА. КЛЮЧЕВЫЕ ТОЧКИ РОСТА И «БЫСТРЫЕ» ЭФФЕКТЫ

### Abstract

An innovative management model for cement and building mixtures manufacturing enterprise is presented on the basis of a specialized digital solution, with the help of which a company can increase its competitiveness due to an increase in labor productivity, by improving the quality of products, reducing costs and increasing the economic efficiency of the business. The approach is based on the implementation of interrelated regulated processes, digital tools and methods of real-time data processing, as well as on the creation of an enterprise management information system — MES — for the systematic collection, analysis and storage of information with the ability to manage production and supporting processes, resources, plans and other aspects of production. The article also shows the growth keypoints typical for a cement plant (intelligent control of equipment operating modes and energy efficiency, maintenance and repair processes, warehouse accounting, procurement, logistics, etc.), as well as specific effects achieved with the help of the MES, including the reduction of accidents and repair costs, reduction of downtime, cost optimization, increase in productivity, economical consumption of energy carriers, etc. The approach has been successfully applied in practice. Working prototypes of the described solution were created and put into commercial operation at four Russian enterprises producing cement using the "dry" method.

**Key words:** digital manufacturing, cement production, digital plant, artificial intelligence, intelligent manufacturing,

### Аннотация

Представлена инновационная модель управления предприятием по производству цемента и строительных смесей на основе специализированного цифрового решения, с помощью которого компания может повысить свою конкурентоспособность благодаря росту производительности труда, путем улучшения качества выпускаемой продукции, снижения себестоимости и повышения экономической эффективности бизнеса. Подход основан на внедрении взаимосвязанных регламентированных процессов, цифровых инструментов и методов работы с данными реального времени, а также на создании информационной системы управления предприятием — ИСУП (MES) — для системного сбора, анализа и хранения информации с возможностью управления производственными и обеспечивающими процессами, ресурсами, планами и другими аспектами производства. В статье также приведены основные точки роста, характерные для цементного завода (интеллектуальное управление режимами работы оборудования и энергоэффективностью, процессами ТОиР, складским учетом, закупками, логистикой и т. д.), а также конкретные эффекты, достигаемые при помощи ИСУП. В их числе: снижение аварийности и расходов на ремонты, снижение простоев, оптимизация затрат, повышение производительности, экономичный расход энергоносителей и т. д. Подход успешно применен на практике. Рабочие прототипы описываемого решения созданы и переданы в промышленную

*risk management, product quality management, labor cost reduction, predictive analytics, production data, laboratory data, process data, cement grinding, clinker firing, optimization, analysis real-time data, plan-fact, IT landscape, energy efficiency, CPCS, MES, ERP, MRO, procurement, logistics*

## Introduction

Digitalization of enterprises in the cement industry is highly relevant for all companies striving to increase profitability and competitiveness. All key enterprises implement the roadmaps for a phased transition to a digital model of production management and performance improvement through the introduction of advanced technologies encapsulated by the Industry 4.0 concept: big data, artificial intelligence, machine learning, the industrial Internet of things, etc. Another crisis and new risks associated with the coronavirus, reduced business activity and currency fluctuations have forced the market players to fundamentally re-prioritize and focus on finding real opportunities to quickly reduce the costs where possible.

The first thing to do this is to make processes and data transparent and systematic. Any cement plant has a large fleet of equipment, multi-stage technological chains, tons of raw materials and shipped products. Despite this, cement production has a high potential for optimization by ensuring transparent control of production redistributions, predictive management of maintenance and repair (MRO), procurement, logistics and many other aspects. Since the point of discussion is energy-intensive production (in the final product, up to 40 % of the cost is made up of energy costs), special attention should be paid to the issue of optimizing costs for electricity and gas. To solve these and many other problems, a modern production management information system (MES) is used as a single source and aggregator of all production information, which allows you to compare and analyze the effectiveness of each line, unit of equipment, KPI-specialists. In addition to “quick” business effects (implementation of plans, reduction of accidents, reduction of costs), this tool provides an opportunity to lay a solid foundation for future improvements and new competitive advantages.

### 1. Basic technological principles of optimal control

The issue of increasing the economic efficiency and competitiveness of the enterprise is always relevant, however, as practice shows, in most cases, initiatives in the field of digitalization of production do not have the expected effect. This is due to the fact that most process owners are immersed in the production routine and do not always have the opportunity to see and objectively assess the current situation in the enterprise as a whole, and without this it is impossible to correctly determine the goals. Very often, the creation of a target production model and the processes themselves is an individual project to be implemented before an enterprise begins its digital transformation.

эксплуатацию на четырех российских предприятиях с «сухим» способом производства цемента.

**Ключевые слова:** *цифровое производство, цементное производство, цифровой завод, искусственный интеллект, интеллектуальное производство, управление рисками, управление качеством продукции, снижение трудозатрат, предиктивная аналитика, производственные данные, лабораторные данные, данные технологических переделов, помол цемента, обжиг клинкера, оптимизация, анализ данных реального времени, план-факт, ИТ-ландшафт, энергоэффективность, АСУ ТП, ИСУП, MES, ERP, ТОиР, ТОРО, МТО, логистика*

## Введение

Цифровизация предприятий цементной отрасли — актуальная тема для всех компаний, стремящихся к повышению рентабельности и конкурентоспособности. Все ключевые предприятия реализуют дорожные карты по поэтапному переходу на цифровую модель управления производством и повышению показателей эффективности путем внедрения передовых технологий, объединенных понятием «Индустрия 4.0»: большие данные, искусственный интеллект, машинное обучение, промышленный интернет вещей и т. д. Очередной кризис и новые риски, связанные с коронавирусом, снижением деловой активности и колебанием валютных курсов, заставили игроков рынка в корне пересмотреть приоритеты и сфокусироваться на поиске реальных возможностей для быстрого снижения расходов там, где это возможно.

Первое, что для этого нужно, — сделать процессы и данные прозрачными и системными. Любой цементный завод – это большой парк оборудования, многоэтапные технологические цепочки, тонны сырья и отгружаемой продукции. Несмотря на это, у цементного производства есть высокий потенциал для оптимизации путем обеспечения прозрачного контроля производственных переделов, предиктивного управления техническим обслуживанием и ремонтами (ТОиР), закупками, логистикой и многими другими аспектами. Поскольку мы говорим об энергоёмком производстве (в конечном продукте до 40 % себестоимости составляют затраты на энергоносители), особого внимания заслуживает вопрос оптимизации затрат на электричество и газ. Для решения этих и многих других задач используется современная информационная система управления производством (ИСУП) как единый источник и агрегатор всей производственной информации, которая позволяет сравнивать и анализировать эффективность каждой линии, единицы оборудования, КРІ-специалистов. Помимо «быстрых» бизнес-эффектов (выполнение планов, снижение аварийности, сокращение расходов), этот инструмент дает возможность заложить надежный фундамент для будущих улучшений и новых конкурентных преимуществ.

The economic effect in any enterprise arises as a result of complexity, ie, due to a large number of small "quick wins" in interconnected segments. It is important to take into account the totality of all factors – from the quality of raw materials, technological modes and the actual operating time of units to the consumption of all types of resources, the degree of filling of warehouses and sales processes of finished products. Therefore, not digitalization, but the intellectualization of production — an approach in which accurate data on all aspects of production become a subject for analysis and the basis for predictive management of all types of enterprise resources — is being considered. The very idea of creating a MES for cement production is good because the company gets something more than a production management system – it lays down the basic technological principles of optimal management that allow developing the intellectual component of production, opening up more and more new opportunities and competitive advantages. The basic conditions are the following:

- management and technical personnel have the necessary qualifications and powers to effectively manage technological redistributions and production modes that are part of the system;
- the degree of automation in production is quite high, in which all processes, resources and regulations become sources of information concentrated in a single management environment;
- there is a centralized IT landscape, in which all processes and data are subject to a single logic and work to achieve a common result;
- it is possible to monitor the state of infrastructure and equipment in real time to assess the current situation: how much products were produced, how many resources were spent, what is the operating time of equipment, etc.

A cement plant, as a continuous cycle enterprise, produces huge amounts of information from various sources, which can be conditionally divided into several groups:

- CPCS and MES data which is a slice of technology obtained from primary sensors measuring temperature, pressure, energy and raw materials consumption, etc.;
- data from ERP class systems (production, support and management groups of business processes), including such blocks as maintenance and repair, logistics, transport and logistics, energy accounting, etc.;
- data from laboratory analysis systems that provide control over the physicochemical indicators of raw materials, components and final products.

It is important to synchronize the information obtained from various sources so that the system can analyze the efficiency of the entire enterprise, using a set of information and operating with accurate data on

## 1. Базовые технологические принципы оптимального управления

Вопрос повышения экономической эффективности и конкурентоспособности предприятия актуален для предприятий всегда, однако, как показывает практика, в большинстве случаев инициативы в области цифровизации производства не приносят ожидаемого эффекта. Это связано с тем, что большинство владельцев процессов погружены в производственную рутину и не всегда имеют возможность увидеть и объективно оценить текущую ситуацию на предприятии в целом, а без этого невозможно правильно определить цели. Очень часто создание целевой модели производства и самих процессов — это отдельный проект, который необходимо реализовать до того, как предприятие встанет на путь цифровой трансформации.

Экономический эффект на любом предприятии возникает в результате комплексности, т. е. вследствие большого количества маленьких «быстрых побед» во взаимосвязанных сегментах. Здесь важно учесть совокупность всех факторов — от качества исходного сырья, технологических режимов и реальной наработки агрегатов до объемов потребления всех видов ресурсов, степени заполнения складов и процессов сбыта готовой продукции. Поэтому речь идет даже не о цифровизации, а об интеллектуализации производства — подходе, при котором точные данные обо всех аспектах производства становятся предметом для анализа и основой для предиктивного управления всеми видами ресурсов предприятия. Сама идея создания ИСУП для цементного производства хороша уже тем, что предприятие получает нечто большее, чем систему управления производством — оно закладывает у себя базовые технологические принципы оптимального управления, позволяющие развивать интеллектуальную составляющую производства, открывая все больше новых возможностей и конкурентных преимуществ. Вот основные условия:

- руководство и технический персонал располагают необходимой квалификацией и полномочиями для эффективного управления технологическими переделами и режимами производства, входящими в контур системы;
- достаточно высокой является степень автоматизации на производстве, при которой все процессы, ресурсы и регламенты становятся источниками информации, сосредоточенной в единой среде управления;
- существует централизованный ИТ-ландшафт, в котором все процессы и данные подчиняются единой логике и работают на достижение общего результата;
- имеется возможность мониторинга состояния инфраструктуры и оборудования в режиме реального времени для оценки текущей ситуации: сколько продукции произведено, сколько каких ресурсов потрачено, какова наработка оборудования и т. д.

production processes, making it possible to understand how the product is actually produced, how much it meets the quality requirements, how many resources were spent on the production of this volume. Accordingly, the greater the penetration of digital technologies into the production process and the more data sources for analysis the plant has, the more complete and reliable the idea of what is happening will be and the more understanding will appear regarding further actions.

Combining data from sources of various classes (main production, generation management, various laboratory analyzes, ERP system data, weighing equipment for shipping materials to customers, packaging machines, controllers, etc.) within a single IT landscape and providing access to it through a single and understandable interface is one of the most difficult tasks of MES implementation projects. For example, technological data is supplied in real time, and if we are talking about planned data or ERP-system data, then these are relational databases, where data is supplied initially in arrays with large time intervals. ERP data adaptation make it possible to work with them based on a real-time data platform.

## 2. Immediate effect on the example of the implementation of a specialized industry solution MES at a cement plant

Consider an example of how a modern cement holding company managed to achieve results quite quickly with the help of MES, without rebuilding the existing business model. The solution for four geographically distributed plants using a "dry" method of cement production included four large blocks, implemented on the basis of a single digital platform: a production portal (dashboards), technological screens, event logs and an automated reporting system. All four of these blocks share a single structure and data source, the PI System. The real-time database is the basis of the MES and solves the problem of combining heterogeneous information into a single lake of production data. The calculation of specific indicators, virtual measurements and other indicators is performed directly in the data model. At the time of the project implementation, production was quite well automated, and the deployed solution ensured the consistency and centralization of data from all systems, including key production indicators, consumption of materials and energy carriers, specific consumption indicators in various aspects, equipment KPIs, equipment operation statistics, etc.

The block dedicated to technological screens includes technological schemes of the plant, which display both production and laboratory information, as well as technological parameters of equipment operation. The created prototypes of the solution have successfully passed the pilot operation. With the receipt of this tool, the company's management was able to:

- see alongside in real time the figures of the plan and the fact on the aspects of production of interest;

**CaCO<sub>3</sub> КОЕЛГАМРАМОР**  
мраморные наполнители

**Коелгинское месторождение  
белого мрамора**  
– крупнейшее в России  
и одно из крупнейших  
в мире месторождений  
белого мрамора.



Одним из направлений деятельности «Коелгамрамор» является изготовление измельченного, микроизмельченного мрамора, а также монофракционного мраморного песка с узкими границами по гранулометрическому составу.



**e-mail: koelgaooo@mail.ru**

**www.koelgacarb.ru**

**телефоны:**

**+7 (351) 200-33-93**

**+7 (495) 150-07-97**

**+7 (812) 407-21-99**

- make an objective view of the "health" of production, points of growth and "bottlenecks" on the basis of consolidated information;
- quickly find the opportunities for "leveling" indicators in case of discrepancy with the plan;
- increase the speed of communication, coordination and adoption of important management decisions.

The next step towards high efficiency is realizing the potential of MES as a powerful analytical tool for assessing the mutual influence of parameters generated in various systems in a single interface — graphical, in the form of a set of trends, or tabular.

### 3. Growth keypoints

Only a small part of the effects achieved using MES and other similar tools that combine resources and processes into a single system is described here. Due to them, companies receive virtually unlimited opportunities for flexible production management from anywhere in the world (most often from a geographically remote head office). This is especially true for large holdings with distributed capacities.

**Energy efficiency.** Energy costs in the cement industry are high. The plants using a "wet" method of cement production are more energy dependent than those using a "dry" one. MES makes it possible to build optimal management of this aspect, minimize deviations from the plan, and quickly identify and eliminate their causes. Example: If the commissioning of a clinker kiln takes longer than planned (and unplanned gas costs may occur), the system detects abnormalities in real time and helps take management action if necessary. Optimization of equipment operation allows to reduce gas and electricity consumption by 1.5–5 %. It is also possible to achieve high accuracy in fulfilling plans for the purchase of energy carriers by monitoring equipment operating modes in real time and choosing the optimal energy consumption rates. The planning accuracy is increased by several percent (5–15 %) due to the analysis of the physical consumption of electricity by the equipment, the reduction of the purchased capacity reaches 15 %.

**MRO.** The implementation of MES creates technological opportunities for the implementation of a predictive model for managing processes and the maintenance and repair unit, which, in turn, allows solving two key problems: significantly reducing the number of emergency repairs and increasing the efficiency of using the equipment fleet. The first effect is achieved by aggregating statistical data on the state of equipment, start-ups, stops, incidents, scheduled repairs, etc. Based on all this, the system predicts possible breakdowns long before the appearance of external signs. Example: the temperature of a running engine rises with a certain dynamics during the month, which is a sign of a bearing malfunction (heating), which will soon lead to a breakdown. MES allows you to record temperature

Цементный завод, как предприятие непрерывного цикла, производит огромные объемы информации из разных источников, которые можно условно разделить на несколько групп:

- данные АСУ ТП и ИСУП (MES) — это срез технологии, получаемый с первичных датчиков измерения температуры, давления, расходов энергии и сырья и т. д.;
- данные систем класса ERP (производственные, обеспечивающие и управленческие группы бизнес-процессов), включая такие блоки, как ТОиР, МТО, транспорт и логистика, учет энергоносителей и т. д.;
- данные систем лабораторного анализа, обеспечивающих контроль над физико-химическими показателями сырьевых материалов, компонентов и конечной продукции.

Важной является синхронизация сведений из различных источников, чтобы система могла анализировать эффективность всего предприятия, используя совокупность информации и оперируя точными данными о производственных процессах, позволяла понять, как в действительности продукция производится, насколько она соответствует требованиям по качеству, сколько ресурсов было затрачено на выпуск этого объема. Соответственно, чем больше будет проникновение цифровых технологий в процесс производства и чем больше у завода источников данных для анализа, тем полнее и достовернее окажется представление о происходящем и тем больше понимание появится относительно дальнейших действий.

Объединение данных из источников различного класса (основное производство, управление генерацией, различные лабораторные анализы, данные ERP-системы, весовое оборудование по отгрузке материалов заказчикам, упаковочные машины, контроллеры и т. д.) в рамках единого ИТ-ландшафта и предоставление к нему доступа через единый и понятный интерфейс является одной из сложнейших задач проектов по внедрению ИСУП. Например, технологические данные поставляются в режиме реального времени, а если мы говорим про плановые данные или данные ERP-системы, то это реляционные базы данных, где данные поставляются изначально в массивах с большими временными промежутками. Адаптация ERP-данных позволяет работать с ними на основе платформы данных реального времени.

## 2. «Быстрые» эффекты на примере реализации специализированного отраслевого решения ИСУП на цементном предприятии

Рассмотрим конкретный пример того, как современный цементный холдинг смог довольно быстро добиться результатов при помощи ИСУП, при этом не перестраивая существующую бизнес-модель. В



+79123131718  
ngok2016@mail.ru

состав решения для четырех территориально распределенных заводов с «сухим» способом производства цемента вошли четыре крупных блока, реализованных на основе единой цифровой платформы: производственный портал (дашборды), технологические экраны, журналы событий и система автоматизированной отчетности. Все эти четыре блока используют единую структуру и источник данных, — PI System. База данных реального времени лежит в основе ИСУП и решает задачи объединения разнородной информации в единое озеро производственных данных. Расчет удельных показателей, виртуальных замеров и других показателей производится непосредственно в модели данных. На момент реализации проекта производство было достаточно хорошо автоматизировано, а развернутое решение обеспечило системность и централизацию данных всех систем, включая ключевые показатели производства, по потреблению материалов и энергоносителей, удельные показатели потребления в различных аспектах, КРП оборудования, статистика работы оборудования и т.д.

Блок, посвященный технологическим экранам, включает в себя технологические схемы завода, на которых отображается как производственная и лабораторная информация, так и технологические параметры работы оборудования. Созданные прототипы решения успешно прошли опытно-промышленную эксплуатацию. С получением этого инструмента руководство предприятия получило возможность:

- видеть рядом в режиме реального времени цифры плана и факта по интересующим аспектам производства;
- составлять на основе консолидированной информации объективное представление о «здоровье» производства, точках роста и «узких местах»;
- быстро находить возможности для «выравнивания» показателей в случае расхождения с планом;
- повысить скорость коммуникаций, согласования и принятия важных управленческих решений.

Следующий шаг к высокой эффективности – это реализация потенциала ИСУП, как мощного аналитического инструмента для оценки взаимовлияния параметров, генерируемых в различных системах в едином интерфейсе — графическом, в виде набора трендов, либо табличном.

### 3. Ключевые точки роста

Ниже описана лишь малая часть эффектов, достигаемых при помощи ИСУП (MES) и других подобных инструментов, объединяющих ресурсы и процессы в единую систему. Благодаря им компании получают практически неограниченные возможности

# ВОЛОКНА

## Созданные природой



[www.rettensmaier.ru](http://www.rettensmaier.ru)

**АРБОЦЕЛЬ®**  
**ЛИГНОЦЕЛЬ®**  
**СИЛОТИКС®**  
**АРБОТИКС®**

**Штукатурки**  
**Плиточные клеи**  
**Шпатлевки**  
**СНТИ**  
**Структурные краски**  
**Смолы**  
**Битумные системы**

ООО RETTENMAIER RUS



Природные  
волокна  
Член концерна JRS

РФ, Москва, 115280  
ул. Ленинская Слобода,  
д. 19 стр. 1  
Тел.: +7 495 276 06 40

для гибкого управления производством из любой точки мира (чаще всего — из территориально удаленного головного офиса). Это особенно актуально для крупных холдингов с распределенными мощностями.

**Энергоэффективность.** Расходы на энергетику в цементной отрасли составляют высокий процент. Заводы с «мокрым» способом производства цемента более энергозависимы, чем с «сухим». Благодаря ИСУП появляется возможность построить оптимальное управление этим аспектом, минимизировать отклонения от плана, быстро выявлять и устранять их причины. Пример: если процесс ввода в эксплуатацию печи для обжига клинкера занял больше времени, чем заложено в плане (при этом могут возникнуть незапланированные расходы на газ), то система выявляет отклонения от нормы в реальном времени и помогает принять управленческие меры, если необходимо. Оптимизация работы оборудования позволяет снизить потребление газа и электроэнергии на 1,5–5 %. Можно также добиться высокой точности выполнения планов по закупке энергоносителей с помощью мониторинга режимов работы оборудования в реальном времени и выбора оптимальных тарифов потребления энергии. Точность планирования повышается на несколько процентов (5–15 %) благодаря анализу физического потребления электроэнергии оборудованием, снижение покупаемой мощности достигает 15 %.

**ТОиР (ТОРО).** Внедрение ИСУП создает технологические возможности для реализации предиктивной модели управления процессами и блоком ТОиР, которая, в свою очередь, позволяет решить две ключевые задачи: существенно снизить число аварийных ремонтов и повысить эффективность использования парка оборудования. Первый эффект достигается путем агрегации статистических данных по состоянию оборудования, пускам-остановкам, инцидентам, плановым ремонтам и т. д. На основе всего этого система прогнозирует возможные поломки задолго до появления внешних признаков. Пример: температура работающего двигателя растет с определенной динамикой в течение месяца, что является признаком неисправности подшипника (греется), которая скоро приведет к поломке. ИСУП позволяет зафиксировать изменения температуры и показать их динамику: неделю назад температура держалась на одном уровне, затем в течение недели она ежедневно прирастала. Анализируя эти данные, можно с высокой долей вероятности спрогнозировать, когда именно произойдет поломка. Принятие оперативных мер на этом этапе не требует больших затрат и благодаря им инцидент просто не наступает. Снижение аварийности с помощью анализа закономерностей и повторяющихся событий может достигать 12 %. Отметим, что затраты на экстренное устранение аварии впятеро превышают расходы на предиктивный ТОиР. Интеграция блока техобслуживания и ремонтов с системами управления МТО, складским учетом, закупками, транспортом и логистикой делает процессы управления ими еще более результативными, повышает точность и



changes and show their dynamics: a week ago, the temperature was kept at the same level, then during the week it increased daily. By analyzing this data, it is possible with a high degree of probability to predict exactly when a breakdown will occur. Taking prompt action at this stage does not require large costs and thanks to them the incident simply does not occur. Reducing accidents through analysis of patterns and recurring events can be up to 12 %. Note that the costs of emergency elimination of the accident are five times higher than the costs of predictive maintenance. The integration of the maintenance and repair unit with the management systems for logistics, warehouse accounting, procurement, transport and logistics makes their management processes even more effective, increases the accuracy and efficiency of interaction between functional units.

**Product quality management.** The world's best practices monitor the so-called sigma — the influence of the physical and chemical parameters of semi-finished products on the quality of the final product and on its cost. MES allows you to take into account these influences in real time and build forecasts of the development of the situation for the timely adoption of corrective actions. For example, the forecast of electricity consumption is based on an analysis of the relationship between the fineness of raw meal grinding and the content of  $C_3S$  and  $C_2S$  in clinker. The finer the grinding of the raw mix, the easier it is to burn the clinker, the lower the gas consumption. In addition, a decrease in the fineness of raw meal grinding (from 20 to 10 %) will make it possible to save total energy for cement grinding. It should be kept in mind that the key factor in the efficiency of an enterprise, expressed in saving energy resources and reducing scrap, is the speed of making management decisions and responding to emerging changes.

Optimization of labor costs when generating reports. The company avoids manual labor, eliminates unnecessary labor costs, duplication of input and possible errors associated with the human factor.

## Conclusion

The described approach is based on the centralization of data and the interconnection of all production, support and management processes on the basis of a single digital management model, in which all aspects of production, regulations for the interaction of departments, their functionality and areas of responsibility are spelled out. Despite the fact that each enterprise has its own unique set of systems, technologies, data and processes, the principles of their management are universal and always require the creation of regulated and controlled relationships. Logically linking IT solutions of various assets, combining them within the framework of a complex IT landscape, subordinating as many processes, technological redistributions and other aspects of production as possible to a single logic — these are the key ideas of the concept of "digital factory" and "Industry 4.0". Today this approach is used by all leaders in the cement industry.

эффективность взаимодействия функциональных подразделений.

**Управление качеством продукции.** Лучшие мировые практики отслеживают так называемые сигмы — влияние физических и химических параметров полуфабрикатов на качество конечного продукта и на его себестоимость. ИСУП позволяет в режиме реального времени учитывать эти влияния и строить прогнозы развития ситуации для своевременного принятия корректирующих мероприятий. Например, прогноз потребления электроэнергии основывается на анализе взаимозависимости тонкости помола сырьевой муки и содержания  $C_3S$  и  $C_2S$  в клинкере. Чем тоньше помол сырьевой смеси, тем легче обжечь клинкер, тем меньше расход газа. Кроме того, снижение тонкости помола сырьевой муки (с 20 до 10 %) позволит суммарно экономить электроэнергию на помолу цемента. Не следует забывать, что ключевым фактором эффективности предприятия, выраженной в экономии энергоресурсов и снижении брака, является скорость принятия управленческих решений и реагирования на возникающие изменения.

Оптимизация трудозатрат при формировании отчетности. Предприятие уходит от ручного труда, исключает лишние трудозатраты, дублирование ввода и возможные ошибки, связанные с человеческим фактором.

## Выводы

В основе описанного подхода лежит централизация данных и объединение между собой всех производственных, обеспечивающих и управленческих процессов на базе единой цифровой модели управления, в которой прописаны все аспекты производства, регламенты взаимодействия подразделений, их функционал и зоны ответственности. Несмотря на то, что у каждого предприятия свой уникальный набор систем, технологий, данных и процессов, принципы управления ими универсальны и всегда требуют создания регламентированных и управляемых взаимосвязей. Логически связать ИТ-решения различных активов, объединить в рамках комплексного ИТ-ландшафта, подчинить единой логике как можно больше процессов, технологических переделов и прочих аспектов производства — таковы ключевые идеи концепции «цифрового завода» и «Индустрии 4.0». Сегодня этот подход практикуется всеми лидерами цементной отрасли.

## References // Литература

1. Вайл, Питер, Ворнер, Стефани. Цифровая трансформация бизнеса: изменение бизнес-модели для организации нового поколения / пер. И. Окунькова. ЛитРес, 2019. — 260 с.
2. Four pathways to 'Future Ready' that pay off / Weill, Petel, Woerner, Stephanie, Meulen, Nick van der / Topic: Business Models. 2019. Mar. 23.