

## РАЗВИТИЕ СУХОГО СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА В РОССИИ. РАБОТЫ ОАО «ГИПРОЦЕМЕНТ»

### ПРОИЗВОДСТВО ЦЕМЕНТА И ПРОГНОЗ ЕГО ПОТРЕБЛЕНИЯ В МИРЕ

Начало XXI века характеризовалось значительным ростом производства цемента и его потребления.

С 2001 г по 2009 г объем производства цемента возрос с 1740 млн. тонн до 2960 млн. тонн. Лидером производства цемента является Китай – 1 637,1 млн. тонн (2009 г.), далее идут Индия – 193,1 млн. тонн, США – 71,9 млн. тонн, Япония – 59,6 млн. тонн, Турция – 57,6 млн. тонн. Экспортные поставки цемента достигли 175 млн. тонн (2006 г.), в 2009 г. Они составили 144 млн. тонн [1].

Среднегодовой прирост производства цемента в Китае с 2001 г. превышал 12%. По прогнозам годовое производство цемента в 2010 г. составит 1850 млн. тонн – 2 млрд. тонн [2].

По прогнозу аналитиков компании «Davy Research» (Ирландия) в 2011-2012 г.г. будет наблюдаться постепенное восстановление объемов производства цемента в развитых странах и продолжение его прироста в большинстве развивающихся рынков. Сочетание этой комбинации позволяет ожидать рост производства цемента в мире в 2011 г. – 2,8% и в 2012 г. – 3,0% [3].

Мировой экономический кризис внес серьезные изменения в стратегию производства цемента и рынок его продаж.

Резкого снижения потребления цемента опасались многие, но имеющиеся данные [4] свидетельствуют о том, что оно в 2008 г. составило 2 815 млн. т, в 2009 г – 2 960 млн. т, т.е. выросло на 5,1%.

Однако, в разных регионах мира величина и характер изменения потребления цемента различны. В странах с устойчивой экономикой потребление цемента упало на 13,7% или на 59 млн. т в год, на других развивающихся рынках потери составили 0,9% или 9 млн. т в год. В табл. 1 приведен прогноз потребления цемента до 2020 года в рассматриваемых регионах [4].

Таблица 1. Потребление цемента в различных регионах мира

Год	Регионы с устойчивой экономикой		Китай		Рынки развивающихся стран	
	млн. т	%	млн. т	%	млн. т	%
2008	431	100	1376	100	1008	100
2009	372	-13,7	1587	+15,4	999	-0,9
2010 п	394	+5,8	1718	+8,3	1075	+7,6
2013 п	440	+3,7	1748	+0,6	1242	+4,9
2020 п	487	+1,5	1457	-2,6	1534	+3,1

В 2010 г. потребление цемента в странах с устойчивой экономикой несколько возрастает. К 2013 г. предсказывается положительный рост потребления цемента на всех рынках, но отмечается замедленный рост рынка Китая.

К 2020 г. прогнозируемое потребление цемента в Китае будет снижаться вследствие насыщенности его рынка.

### Развитие мощностей по производству цемента.

В последние годы новые мощности по производству цемента росли быстрее, чем его продажи: эта тенденция продолжится и в последующие несколько лет.

Мощности по производству цемента превысят объемы его продаж. Компании потерпят убытки от недозагруженности мощностей, и встанет вопрос о закрытии нерентабельных заводов или отдельных технологических линий.

В Китае предусмотрено закрыть около 600 млн. т мощностей старых предприятий.

По прогнозу считается, что к 2013 г к работе будут готовы около 1200 млн. т в год новых мощностей. Из них на Китай приходится около 425 млн. т, на устойчивые рынки около 40 млн. т и на другие развивающиеся рынки – 740 млн. т.

### Поставщики оборудования.

С 2006 по 2009 г.г. были размещены контракты на 425 млн. т в год новых мощностей по производству клинкера. Это без учета Китая и отмененных проектов.

Отмечается, что к 2009 г. количество заказов на оборудование значительно снизилось с более 120 до примерно 40 млн. т в 2009 г.

Таблица 2. Объем заказов на проектирование и поставку оборудования, млн. т клинкера

Год	Всего	FL Smidth	Sinoma	Polysius	KHD	CNBM	Другие
2006	141,0	42,1	30,9	13,9	28,3	10,3	15,6
2007	123,9	37,6	25,3	22,0	15,2	10,8	13,0
2008	121,7	46,2	34,9	15,5	14,5	3,6	6,9
11/2009	37,3	9,8	15,8	2,9	0,8	6,3	1,7

Появление таких китайских производителей оборудования как Sinoma и CNBM изменили рынок и они стали серьезными конкурентами хорошо известных фирм как FL Smidth, Polysius, KHD.

В таблице 2 приведены данные по распределению заказов на проектирование заводов и поставку оборудования между основными компаниями.

Согласно перечню проектов во всем мире (исключая Китай) к 2013 г. будет построено 600 объектов суммарной мощностью 800 млн. т в год.

Подсчитано, что с 2010 по 2012 г.г. будут предоставлены подряды примерно на 230 млн. т в год по производству клинкера. Это обстоятельство усилит конкуренцию среди производителей оборудования.

Однако снижения цен на оборудование ожидать не следует. В лучшем случае заказчики получат прибыль от более коротких сроков поставок.

Следует отметить введение в строй самой большой линии.

Компания Holcim Inc. (США), являющаяся дочерней фирмой Holcim (Швейцария), выбрала FL Smidth в качестве своего партнера для нового завода в Санкт-Женевьева в штате Миссури (США). Штаб квартира FL Smidth находится в г. Вифлееме в штате Пенсильвания.

Предварительная оценка проекта была начата в конце 1990 г. и продолжалась 6 лет с участием 8 федеральных и регулирующих органов. Закладка фундамента – в марте 2006 г. Первый клинкер был получен в июле 2009 г., т.е. спустя 27 месяцев.

Завод расположен на реке Миссисипи и включает причалы для приемки и отправки грузов.

Мощность завода – 4 млн. т в год. Проектная мощность печи 12 тыс. т кл./сут. 21 ноября 2009 г. производительность печи достигла 13 160 т. кл./сут.

Вращающаяся печь размерами  $\varnothing$  5,8x85 м, снабжена 2<sup>x</sup>ветвевым 5<sup>ти</sup>ступенчатым теплообменником.

Аналогичные проекты выполняют для Индии (6<sup>ти</sup>ступенчатый теплообменник), Китая и Вьетнама.

В настоящее время, как правило, строятся печи большой мощности и исключительно сухого способа производства. Этому способствуют разработанные эффективные технологические схемы подготовки сырья, автоматизированные склады и силосы для перемешивания сырьевой муки, автоматизация технологических переделов, постоянный химический контроль состава материалов.

Характерным примером является перевооружение цементной промышленности Японии, которая в короткий срок полностью перевела промышленность на сухой способ производства (табл. 3). Следует учитывать, что практически все печные агрегаты оборудованы системами, позволяющими использовать альтернативное топливо [5].

Таблица 3. Печной парк цементной промышленности Японии, в %

Год	Печи с запечной системой теплообменников	Печи с запечной системой теплообменников и декарбонизаторами	Другие печи сухого способа производства	Печи мокрого способа производства
1970	35	-	40	25
1975	34	39	22	5
1980	16	72	12	-
1985	13	82	5	-
1990	15	82	3	-
2000	11	89	-	-
2009	11	89	-	-

### Развитие сухого способа производства в России

Цементная промышленность России является высокочрезвычайно топливно-энергетической отраслью.

Мокрый способ производства доминирует в цементной промышленности России.

Так, в 2010 г. по мокрому способу было произведено 83,2% цемента, по сухому и полусухому способам – 16,8%. Средний удельный расход условного топлива на обжиг клинкера в 2010 г. в России составил 202,4 кг у.т/т клинкера. На заводах сухого способа – 146 кг у. т/т клинкера, а на предприятиях мокрого способа производства – 213,0 кг у. т/т клинкера [1].

В 70-90<sup>x</sup> годах прошлого века большинство зарубежных стран осуществили перевод производства цемента на сухой способ производства, что позволило сократить удельный расход топлива на обжиг клинкера до 40%.

Следует сказать, что в большинстве европейских стран (Германия, Испания, Италия) и в Японии производство цемента осуществляется исключительно по сухому способу с большой долей использования альтернативного топлива.

Медленные темпы развития сухого способа производства цемента в России объяснялись сравнительно низкими ценами на топливо и отсутствием эффективного цементного машиностроения.

Появление на мировом рынке высокоэффективного основного технологического оборудования, систем автоматизированного управления технологическими процессами, автоматизированных сырьевых складов и другого оборудования позволило начать перевооружение цементной отрасли.

В начале XXI века было анонсировано около 40 заявок на строительство современных цементных заводов. Однако экономические условия первого десятилетия XXI века не позволили реализовать большинство из них.

Тем не менее, в период 2008-2010 годов были построены пять технологических линий сухого способа производства и одна линия полусухого способа (ОАО «Мордовцемент»), технологические линии, построенные в 2010 году, проходят стадию освоения технологического процесса (табл. 4).

Таблица 4. Новые технологические линии по производству цемента, построенные в 2008-2010 г.г.

№	Наименование завода	Корпорация	Мощность, тыс. т	Год ввода
1.	ОАО «Мордовцемент»	Вита-лайн	0,9	2008
2.	«Строительные материалы» (Башкирия)	Heidelberg cement	1,3	2008
3.	ОАО «Сухоложскцемент»	Фирма Dycerhoff	1,3	2010
4.	Новотроицкий цементный завод	Южно-Уральская ГПК	1,3	2010
5.	Щуровский цементный завод	Группа Holcim	2,2	2010
6.	ОАО «Мордовцемент»	Вита-лайн	2,0	2010
Итого:			9,0	

В 2011-2012 годах предполагается ввести в эксплуатацию еще несколько технологических линий, находящихся в завершающей стадии строительства или в режиме пусконаладочных работ (табл. 5).

При выполнении намеченной программы при условии вывода из эксплуатации части мощностей мокрого способа производства доля мощностей сухого способа производства приблизится к 40%.

На различных стадиях строительства и согласования находятся еще несколько объектов, такие как Красноярский цемент (Сибирский цемент), Калужский цементный завод («Мастер»), «Горный завод» (Краснодарский край), «Борщевский цемент» (ОАО «Лафаржцемент», Калужская область) и ряд других проектов.

Ввод в эксплуатацию этих и других объектов предполагается после 2012 года.

В целом необходимо отметить, что цементная промышленность России успешно преодолевает последствия экономического кризиса. За 4 месяца 2011 года в России произведено 12,8 млн. т цемента, что на 16,1% больше, чем за тот же период прошлого года.

При этом производство цемента и его потребление тесно связаны с инвестициями в строительный комплекс.

Таблица 5. Предполагаемый ввод мощностей в 2011 – 2012 г.г.

№	Цементный завод	Корпорация	Мощность, млн. т	Срок ввода
1.	Серебрянский цементный завод	Базелцемент	1,8	2011
2.	Верхнебаканский цементный завод	Интеко	2,3	2011
3.	Новотроицкий цементный завод*	Ю. УГПК	1,3	2011
4.	Сланцевский цементный завод	Группа ЛСР	1,8	2011
5.	«ТулаЦемент», Тульская обл.	HeidelbergCement	1,8	2011
6.	Завод «Волга-Цемент»	WDB	1,3	2011
7.	Помольная установка	«Мечел», Челябин- ская область	0,8	2011
8.	Подгоренский цементный завод	Евроцемент груп	2,4	2012
9.	«Первомайский цементный завод»	Новоросцемент	2,2	2012
	Итого:		15,7	
* – Вторая технологическая линия				

#### Работы института «Гипроцемент» во второй половине XX века по развитию сухого способа производства

Комплексный проектный и научно-исследовательский институт «Гипроцемент», который в 2012 отметит свое 90-летие со дня основания, является ведущим институтом России в своей области. В его производственной деятельности отразились все этапы развития цементной промышленности России и стран СНГ. По проектам института построены цементные заводы в Белоруссии, Казахстане, Германии, Венгрии, Вьетнаме и в других странах.

В конце 80<sup>х</sup> годов прошлого столетия институтом «Гипроцемент» была разработана комплексная программа технического перевооружения цементной промышленности СССР. По этой программе уже в те годы были запроектированы и пущены в эксплуатацию такие заводы сухого способа производства как Ново-Карагандинский (Казахстан), Ново-Спасский (Приморский край).

Ранее были запроектированы Сланцевский цементный завод с вращающимися печами (Ленинградская область), Катав-Ивановский цементный завод (Челябинская область).

Следует отметить, что первый завод, на котором печи сухого способа производства были реконструированы по проекту «Гипроцемента» с установкой запечных теплообменников циклонного типа, был Спасский цементный завод. Первая реконструированная печь была введена в эксплуатацию в 1958 г.

Разработка технологии производства цемента с вращающимися печами, оборудованными декарбонизаторами, появление автоматизированных усреднительных сырьевых складов, современных систем автоматизации и контроля производства принципиально изменили подход к проектированию цементных заводов, представляющих собой сложное химико-технологическое предприятие с высокопроизводительным оборудованием и системой автоматизированного управления.

Институтом «Гипроцемент» была разработана комплексная научно-техническая программа перевооружения цементной промышленности страны с использованием печей, оборудованных запечными теплообменными устройствами и декарбонизаторами, содержащая не только строительство технологических линий, но и перевод заводов с мокрого способа производства на сухой.

Были разработаны проектные предложения по строительству Ново-Ухтинского завода (Республика Коми), Андреапольского завода (Новгородская область), разработан проект и начато строительство Усть-Борзинского завода (Читинская область).

Одним из наиболее важных проектов института «Гипроцемент» этого периода стал проект строительства Белорусского цементного завода с использованием высоковлажного сырья. Это был первый цементный завод сухого способа производства, построенный на территории бывшего СССР, успешно работающий по уникальной для своего времени технологии, позволяющей использовать сырьевые материалы с влажностью более 30%. Сушка и помол сырья осуществлялись в двух мельницах сухого измельчения (8,6x2,6 м) с домолом крупки в молотковых мельницах типа ММТ, обжиг сырьевой смеси проходит в печи  $\varnothing$  4,5x80 м с четырехступенчатым двухветвевым теплообменником с декарбонизатором (рис. 1).

Для повышения эффективности работы сушильно-помольного процесса предложено установить две модернизированные молотковые мельницы ОАО «Тяжмаш», для теплоснабжения которых будут использованы отходящие газы от двухступенчатой двухветвевой запечной системы циклонов (690<sup>0</sup>С) и аспирационный воздух холодильника.



Рис. 1. Общий вид Белорусского цементного завода

Следует также отметить выполнение «Гипроцементом» таких работ как «Компоновочные схемы цементных заводов с сухим способом производства с декарбонизаторами», «Силосы для приготовления сырьевой смеси с непрерывной гомогенизацией для цементных заводов» и другие проработки производства цемента сухим способом, где были предусмотрены последние инженерные достижения.

## Проектирование современных заводов сухого способа производства

В настоящее время ОАО «Гипроцемент» разработал ряд проектов реконструкции и строительства новых современных цементных производств с использованием основного технологического оборудования западных компаний (табл. 6).

Так, на ОАО «Себряковцемент» выполняются работы по модернизации технологической линии полусухого способа производства с вращающейся печью  $\varnothing$  5,0x125 м с циклонными теплообменниками. Эта технологическая линия проектной производительностью 2300 т/сут. и расходом топлива 1150 ккал/кг клинкера в составе печи полусухого способа производства, молотковой мельницы размерами 3,6x3,1 м, производительностью 200 т/ч по кеку и шахтной сушилки  $\varnothing$  2,2x75 м устойчиво работает с 1989 г. С целью повышения производительности печи и снижения расхода топлива разработан проект установки новой сушилки-дробилки компании FL Smidth.

Таблица 6. Проектирование и строительство технологических линий по проектам «Гипроцемента»

Предприятие, объект строительства	Тип строительства	Характеристика печи	Производительность	Поставщик основного оборудования
1	2	3	4	5
<b>1 ОАО Себряковцемент</b>				
1.1. Реконструкция печи № 8	Модернизация линии полусухого способа	Ø 5,0x125 м	2300 т кл/с. 100 т/ч.	FL Smidth
1.2. Реконструкция печи № 5	Перевод на сухой способ	Ø 4,35x54 м	3575 т кл/с. 149 т/ч.	FL Smidth
1.3. Строительство цементной мельницы	Новое строительство	Ø 4,6x14 м	130 т/час	FL Smidth
<b>2 ОАО «Мордовцемент»</b>				
	Новая технологическая линия	Ø 5,2x65 м	6000 т кл/с. 250 т/час	KHD/ZABIS
<b>3 ОАО «Новоросцемент»</b>				
<b>3.1. Завод «Первомайский»</b>				
3.1.1. Технологическая линия	Новое строительство	Ø 5,2x65 м	6000 т кл/с. 250 т/час	KHD
3.1.2. Печной агрегат	Новое строительство	Ø 4,8x45 м	2000 т кл/с. 83,3 т/час	KHD/ZABIS
<b>3.2. Завод «Пролетарий»</b>				
	Реконструкция печи № 10	Ø 5,0x72 м	6000 т кл/с. 250 т/час	FL Smidth

В настоящее время разрабатываются предложения по переводу этой линии на сухой способ производства.

Для этого же завода запроектирована, пущена в эксплуатацию и устойчиво работает цементная мельница Ø 4,6x14 м замкнутого цикла помола проектной производительностью 120 т/ч.

Успешным примером комплексного решения сложных проблем, возникающих при модернизации и развитии действующих заводов мокрого способа производства, работающих на высоковлажном сырье и меловом карбонатном компоненте, является проект строительства новой высокоэффективной и высокопроизводительной технологической линии сухого способа производства на ОАО «Мордовцемент» (рис.2).

В качестве поставщиков основного технологического оборудования были выбраны ведущие немецкие производители, такие как KHD Humboldt Wedag, Christian Pfeiffer, CLAUDIUS PETERS, Aumund. Генеральным поставщиком выступила компания ZAB-Industrietechnik & Service.

Сырьем для производства цемента служат мел и глина с естественной влажностью около 24%, огарки, опока с естественной влажностью 33% и гипс. Мел и опока из карьера доставляются с помощью



Рис. 2. Новая технологическая линия сухого способа производства на ОАО «Мордовцемент»

крытого ленточного конвейера длиной 6,4 км с производительностью 1700 т/час, что позволит снизить затраты на транспортировку сырья на 40% в сравнении с традиционным способом.

Предварительно измельченные мел и глина поступают в отдельные крытые усреднительные склады, каждый из которых оснащен штабелеукладчиком и штабелеразборщиком итальянской фирмы Bedeschi. Емкость склада мела составляет 70800 тонн, емкость склада глины – 10800 тонн. В складе мела также размещается расходный штабель огарков.

После весового дозирования сырьевые компоненты поступают на сушку и помол в вертикальную роликовую мельницу типа MPS 5300 В производительностью 410 т/час при тонкости помола 25% R<sub>0,09</sub>. Соотношение между сырьевыми компонентами оперативно регулируется по результатам непрерывного контроля химического состава смеси в потоке. Сушка сырьевой муки осуществляется отработанными газами от специально построенной парогазовой электростанции и отходящими газами печного агрегата от исходной влажности около 24% до 1%.

Впервые на российском цементном заводе проектом предусмотрено строительство собственной мини электростанции суммарной мощностью 102,8 МВт, позволяющее решить несколько очень важных вопросов: обеспечение завода существенно более дешевыми электро и тепловой энергией и, что особенно важно, использовать максимально эффективно отработанные газы турбин в качестве сушильного агента в вертикальной сырьевой мельнице. Аппаратурное оснащение парогазовой электростанции соответствует лучшим достижениям в этой области. Для выработки электроэнергии использованы две газовые турбины фирмы General Electric (США) и паровая турбина фирмы Siemens (Германия) с котлом утилизатором (Словакия).

Готовая сырьевая смесь поступает на хранение и гомогенизацию в два усреднительных силоса диаметром 16 м и емкостью 9360 тонн каждый.

Обжиг сырьевой смеси осуществляется в печном агрегате, оснащенный печью Ø 5,2 x 65 м производительностью 250 т/час или 6000 т/сутки, пятиступенчатым двухветвевым циклонным теплообменником, реактором-декарбонизатором PYROCLON-R, встроенной камерой PYROTOP компакт, а также трубопроводом третичного воздуха с пылеосадительной камерой. Важной особенностью печного агрегата является возможность использования альтернативных видов топлива. Впервые в практике российских заводов предусмотрено существенное снижение затрат на обжиг – до 20% за счет сжигания резанных отработанных шин в декарбонизаторе. Для охлаждения клинкера используется 8-ми камерный холодильник PYROFLOOR COOLER (PFC 747 A), который обеспечивает температуру материала на выходе на уровне 70<sup>0</sup>С относительно температуры окружающего воздуха.

Удельный расход тепла на обжиг клинкера (без сушки сырья) составит 725 ккал/кг, что является одним из лучших показателей среди технологических линий сухого способа производства в России, в том числе строящихся.

С целью максимально возможного сглаживания сезонных колебаний в спросе на цемент и обеспечения равномерности работы линии проектом предусмотрено строительство силосного склада клинкера диаметром 65 м и высотой около 50 м емкостью 138800 т, а также резервный открытый склад емкостью 50000 т. Силос таких размеров, представляющий собой железобетонное цилиндрическое сооружение с кровлей из металлоконструкций, спроектирован и построен впервые в отечественной цементной промышленности.

Предусмотрено эффективное использование опоки в качестве активной минеральной добавки, содержащейся в большом объеме в карьере в виде вскрыши. Дробление и сушка опоки с влажности 33% до влажности 8% производятся в двухвалковой дробилке и скоростной сушилке, оснащенной генератором горячего газа. Производительность отделения составляет 70 т/час по сухому материалу при расходе тепла на сушку – 82 ГДж/час.

Помол клинкера с добавками (гипс и опока) осуществляется в трех двухкамерных шаровых мельницах Ø 5,0 x 15,75 м, работающих в замкнутом цикле с сепаратором

QDK 38–N с двумя циклонами. Производительность каждого помольного агрегата составляет 200 т/час при тонкости помола  $3000 \text{ см}^2/\text{г}$  по Блейну и удельном расходе электроэнергии  $38 \text{ кВт} \cdot \text{час}/\text{т}$  цемента.

Ещё одной важной особенностью проекта является строительство современного склада цемента большой ёмкости с использованием самых передовых технических и строительных решений в этой области. Склад состоит из четырех силосов типа Duocell компании CLAUDIUS PETERS ёмкостью 23750т каждый и имеет общую ёмкость 95000т. Силосы расположены двумя группами по два силоса, при этом одна группа предназначена для отгрузки цемента в железнодорожный транспорт, а вторая – в автотранспорт. Конструктивно силосы, имеющие высоту 65 м, состоят из двух железобетонных секций – внешней диаметром 22 м и ёмкостью 14500т и внутренней диаметром 14 м с центральным конусом и эффективной ёмкостью 9250т. С целью снижения веса конструкций и значительной экономии железобетона при строительстве стены силосов выполнены из монолитного железобетона с применением технологии постнапряжения. Склад с подобными характеристиками является уникальным для российских заводов.

Предполагается отгрузка значительной части цемента потребителям в современной упаковке. Для этих целей проектом предусмотрена установка двух 8-ми штукерных карусельных упаковочных машин производительностью 2200 мешков в час.

Годовая производительность новой технологической линии составит более двух миллионов тонн цемента. По своим технико-экономическим показателям она будет соответствовать лучшим мировым образцам и станет лидером в цементной промышленности России.

В настоящее время строительство линии практически завершено и активно проводятся пуско-наладочные работы.

В 2010 году институт Гипроцемент завершил разработку проекта строительства, близкого по составу оборудования и технико-экономическим показателям к рассмотренному проекту на ОАО «Мордовцемент», нового производства цемента по сухому способу на территории завода «Первомайский» ОАО «Новоросцемент» (рис.3). Производительность новой технологической линии также составит более двух миллионов тонн цемента в год.

Основное отличие этой линии связано с технологией подготовки сырьевой смеси, которая в большей степени соответствует классическому сухому способу. Главный сырьевой компонент - мергель с естественной влажностью 4,6%, хранится и проходит усреднение в закрытом круглом складе диаметром 102 м и ёмкостью 57000 тонн. Сушка и помол сырьевой смеси также производятся в вертикальной роликовой мельнице производительностью 550 т/час, при этом сушка осуществляется только отходящими газами печного агрегата. Для обеспечения достаточной температуры отходящих газов установлен четырехступенчатый двухветвевой циклонный теплообменник с реактором декарбонизатором.

Еще одно отличие рассматриваемой технологической линии от предыдущей заключается в использовании двухстадийного помола клинкера с добавками (гипс и опока). Предусмотрены две помольные установки, каждая из которых состоит из роллер-пресса типа KPZ20-170/180 со статическим сепаратором типа VS 96/26, динамического сепаратора типа Sepmaster SKS-V3750 и шаровой однокамерной мельницы  $\varnothing 3,8 \times 12,5$  м. Помимо высокой производительности – 235 т/час при тонкости помола  $3200 \text{ см}^2/\text{г}$  по Блейну, подобная установка обеспечивает низкий удельный расход электроэнергии –  $36,1 \text{ кВт} \cdot \text{час}/\text{т}$  цемента.

Важной особенностью разработанного проекта является уникальность и нетривиальность многих технических решений, принятие которых вызвано весьма сложными характеристиками площадки строительства – сейсмичность 8 баллов, значительные ветровые нагрузки – до  $100 \text{ кг}/\text{м}^2$ , стесненность и террасная организация площадки с перепадом высот в абсолютных отметках от 215 до 275 м.

Строительство новой линии на заводе «Первомайский» осуществляется быстрыми темпами и её ввод в эксплуатацию намечен на начало 2012 года.



Галерея дробленого мергеля к усреднительному складу



Транспортер от дробилки к галерее усреднительного склада



Смесительный силос сырьевой муки



Сушильный барабан добавок



Клинкерный склад с силосом некондиции



Цементные силосы с отгрузкой в автотранспорт

Рис. 3. Строительство объектов завода «Первомайский»

В начале 2011 года институт Гипроцемент приступил к разработке проектной документации на строительство ещё нескольких современных технологических линий сухого способа производства. Среди них особо следует отметить работы, направленные на реконструкцию действующих линий мокрого способа производства.

Для ОАО «Себряковцемент» совместно с датской компанией FL Smidth выполняется проект реконструкции вращающейся печи № 5 с переводом на сухой способ производства клинкера производительностью 3575 тонн в сутки. Предусматривается строительство нового сырьевого отделения, обеспечивающего приемку, дробление, усреднение и хранение мела и глины. Помол и сушка сырьевой смеси будут осуществляться в сушилке-дробилке с максимальным использованием отходящих газов печного агрегата, который будет оснащен трехступенчатой системой циклонных теплообменников и декарбонизатором. Такая технология будет применена впервые в России для переработки высоковлажного мела по сухому способу и обеспечит совокупный удельный расход тепла на сушку и обжиг на уровне 910 ккал/кг клинкера при удельном расходе электроэнергии в 34 кВт · час/т клинкера.

Аналогичная работа выполняется для ОАО «Новоросцемент» по реконструкции вращающейся печи № 10 цементного завода «Пролетарий». В результате перевода на сухой способ работы производительность новой линии составит 6000 тонн клинкера в сутки. Проектом предусматривается максимально-возможное использование при реконструкции существующих строительных конструкций, коммуникаций и сооружений. Важно отметить, что строительство объектов новой линии будет осуществляться при работе старой печи № 10, остановка которой будет произведена на минимальный срок, необходимый для реконструкции вращающейся части печи и холодильника. Помимо нового сырьевого отделения, отреконструированного печного отделения, предусматривается установка нового помольного агрегата на базе вертикальной роликовой мельницы производительностью 230 т/час цемента при тонкости помола 3200 см<sup>2</sup>/г по Блейну. Удельный расход электроэнергии составит всего 24,5 кВт · час на тонну цемента. Это будет первый опыт установки подобной цементной мельницы в России.

Оба примера представляют большой интерес для цементной промышленности нашей страны, так как ставят своей целью отработать технологии перевода устаревших линий на сухой способ производства с минимальными капитальными затратами и в минимальные сроки. Особенно важным является то, что будет приобретен опыт реконструкции производств, использующих существенно разное по своим физико-механическим и минералогическим свойствам сырьё.

Программой работы института Гипроцемент на ближайшие годы предусмотрено проектирование ещё нескольких новых современных технологических линий и заводов, а также активное участие в реконструкции действующих предприятий.

### Особенности проектирования современных цементных заводов.

В настоящее время в России не выпускается технологическое оборудование для цементной промышленности, которое позволяло бы создавать современные высокоэффективные производства цемента. В этой ситуации возникает необходимость привлечения иностранных машиностроительных компаний в качестве поставщиков оборудования. Такой подход в определенной степени усложняет организацию работ, в особенности проектных, и увеличивает стоимость инвестиционных программ, однако обладает и некоторыми бесспорными преимуществами: появляется возможность организации комплексной и комплектной поставки всего основного технологического оборудования из «одних рук», возможность выбора поставщика оборудования среди лучших мировых производителей, причем на основе тендера. При этом выбранная фирма берет на себя функции генерального поставщика оборудования и является гарантом достижения конкретных показателей по срокам исполнения, по надежности, энергоэффективности и производительности технологической линии, а также по качеству готового цемента.

В этих условиях, с точки зрения выполнения проектных работ, важной особенностью является необходимость разработки поставщиком оборудования, так называемого инжиниринга, который должен выполняться на самых ранних этапах проектирования и

предполагает исследование сырьевых материалов и рациональный выбор основного технологического оборудования. Главная задача проектного института на этой стадии заключается в комплексном анализе предлагаемых фирмой-поставщиком оборудования технических и технологических решений и в выработке рекомендаций Заказчику по оптимизации указанных решений и минимизации затрат с учетом конкретных особенностей сырьевой базы, площадки строительства, условий энергообеспечения, транспортной инфраструктуры, экологических аспектов, климатических условий и т.п. В частности, уже на этом этапе предпроектных проработок, очень важным является учет специфических требований российских технических регламентов, стандартов, норм и правил строительства и эксплуатации промышленных предприятий, особенностей организации эксплуатации и проведения ремонтных работ на отечественных цементных заводах, которые могут существенно отличаться от их европейских аналогов.

Таким образом, разработка предварительного и окончательного инжиниринга фирмой-поставщиком оборудования должна проходить в несколько итераций с обязательным активным участием проектной организации, а также под контролем и с участием Заказчика проекта.

Результаты разработки инжиниринга служат исходными данными в части выбора основного технологического оборудования и его компоновки в единую технологическую линию для дальнейших этапов проектирования – разработки проектной и рабочей документации. В этой связи тщательность и обоснованность всех принятых решений на стадии разработки инжиниринга имеет огромное значение для успешного выполнения дальнейших этапов проектирования. Любые последующие изменения этих решений уже в процессе выполнения проектных работ приводят к увеличению сроков и трудоемкости проектирования, к существенным непроизводительным затратам по корректировке документации. При современных требованиях к срокам реализации инвестиционных проектов, когда рабочее проектирование и строительство объектов, чаще всего, происходят в параллель, указанный аспект приобретает особую значимость, а ответственность проектной организации многократно возрастает.

Использование современного высокопроизводительного оборудования существенным образом изменило подходы к проектированию цементных производств, к принимаемым объемно-компоновочным и конструктивным решениям, многократно увеличило сложность и многообразность решаемых технических задач.

В предшествующей практике проектирования отечественных цементных заводов отсутствуют аналоги, для которых присущи столь уникальные по своим характеристикам здания и сооружения – высотой более 100 метров, диаметром более 100 метров, подверженные огромным статическим и динамическим нагрузкам, в том числе вызванным вибрациями от мощного оборудования и от ветровых воздействий, а также от больших масс перерабатываемых материалов. На порядок возросли объемы хранимых и усредняемых сырьевых материалов, добавок, клинкера и цемента, что вызывает необходимость строительства предназначенных для этого складов и силосов с уникальными для отечественной практики характеристиками, в частности, такими как выдерживаемые нагрузки и габариты. Существенные сложности при проектировании силосов больших размеров (с внутренним диаметром более 20м и высотой около 60м) и, в особенности, многосекционных силосов возникают из-за отсутствия экспериментальных данных и результатов прикладных научно-исследовательских работ по оценке комплексного воздействия сыпучих материалов на конструкции силосов в различных режимах их работы.

Ситуация усугубляется отсутствием в нашей стране полноценной нормативной базы, регламентирующей проектирование технически сложных и уникальных зданий и сооружений, к которым относятся объекты современных цементных производств. Это вызывает необходимость разработки специальных технических условий для каждого конкретного объекта, их согласование со специализированными государственными службами и утверждение в Министерстве регионального развития Российской Федерации. В частности, специальные технические условия обеспечения пожарной безопасности должны разраба-

тываться для зданий и сооружений высотой более 50 м, зданий с числом подземных этажей более одного, а также для всех особо опасных, технически сложных и уникальных объектов. Для производств, строящихся в сейсмически активных районах, также требуется разработка специальных технических требований по обеспечению сейсмической безопасности.

Дополнительными усложняющими факторами, часто встречающимися при проектировании современных отечественных цементных производств, являются неблагоприятные инженерно-геологические условия, низкие физико-механические свойства грунтов, стесненность площадок строительства и значительные перепады высот различных их участков.

Все это требует от специалистов проектных организаций высочайшего уровня знаний и профессионализма, применения самых современных и передовых методов и инструментов проектирования, включая различные виды моделирования, специально разработанные методики и программные средства и т.п.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ.**

За многие годы работы в цементной промышленности институт Гипроцемент накопил огромный опыт проектирования новых заводов и реконструкции действующих предприятий. Институтом выполняются предпроектные и проектные разработки для всех стадий инвестиционных программ, которые могут включать: обоснование инвестиций в строительство; сбор и анализ исходных данных для проектирования; участие в разработке принципиальных технических решений и в выборе оборудования; анализ и приёмку инжиниринга от фирмы поставщика оборудования; разработку проектной документации и сопровождение её прохождения государственной экспертизы; разработку всех разделов рабочей документации, включая конструкторскую документацию на нестандартное оборудование; осуществление авторского надзора за строительством объектов и участие во вводе в эксплуатацию и в освоении новых производств.

Наличие современной технической базы, коллектива высококвалифицированных специалистов, обладающих большим практическим опытом, сертифицированной системы менеджмента качества работ и всех необходимых допусков и лицензий позволяют институту успешно выполнять проекты любой сложности и масштабности. Сотрудничество с ведущими зарубежными компаниями, такими как FL Smidth (Дания), KHD Humboldt Wedag (Германия), ZABIndustrietechnik & Service (Германия), Polysius (Германия) и многими другими фирмами позволяет применять в проектах реконструкции действующих заводов и строительства новых производств самые надежные и энергоэффективные современные технологии и оборудование.

## **Литература.**

1. В.А. Гузь, В.И. Жарко, А.А. Кабанов, Е.В. Высоцкий. Цементная промышленность РФ в 2010 году. «Цемент и его применение». 2011 г., № 1.
2. Цяньчжи Л. История, современное состояние и перспективы развития цементной отрасли Китая. ALIT inform. 2011 г., № 1, с. 42-50.
3. Кахил Т. Мировой рынок цемента. Актуальное состояние и прогноз развития. ALIT inform. 2011 г., № 1, с. 27-38.
4. Joachim Harder. The cement industry in 2013 with substantial changes. ZKG International, № 2, 2010. с. 21-26
5. Cement in Japan, 2010. Japan Cement Association.