

**Imitating kinetics model of material fine grinding / N.S. PRYADKO, G.M. SAKSONOV, E.V. TERNOVAYA // Visnyk NTU «KhPI». – 2014. – № 53 (1095). – (Series: Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ecolohiya). – P. 89 – 98. – Bibliogr.: 5 names. – ISSN 2079-0821.**

Taking into account high power consumption of thin grinding, it is necessary to develop achievement conditions of mill optimum productivity level of a thin grinding at observance of a necessary output of a control class product and process power consumption decrease. On the basis of programming system AnyLogic the complex of two models describing technology of the closed cycle of fine grinding of materials, the approach including discretely – events for imitating modeling all technological grinding process and dynamic modeling of material fractional structure kinetics in the mill chamber is developed.

**Key words:** closed cycle, fine grinding, dynamic modeling, breakup

УДК 681.5:004.896

**А.Н. РАССОХА**, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,  
**А.А. СЕНДЕРОВ**, вед. научн. сот. ГосНИИ «УкрНДИЦемент», Харьков,  
**И.В. ДМИТРЕНКО**, директор ГосНИИ «УкрНДИЦемент» Харьков

## **СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЦЕМЕНТНО-СЫРЬЕВЫХ СМЕСЕЙ**

Рассматриваются вопросы современной технологии обучения специалистов, по приготовлению цементно-сырьевых смесей заданного состава. Базой для этого является компьютерный тренажёр на основе имитационной модели технологического процесса приготовления цементно-сырьевых смесей. Это позволяет отрабатывать моторно-рефлекторные навыки и реакции обучаемых технологов на штатные и нештатные ситуации, тем самым, повышать квалификацию этих специалистов.

**Ключевые слова:** цементно-сырьевая смесь, технология, математическая модель, компьютерная имитационная модель, учебный процесс, компьютерный тренажёр, интерфейс, операторы-технологи.

Современные нефтехимические комплексы, энергетические предприятия (АЭС, ТЭЦ, ГЭС), цементные заводы, горнорудные и обогатительные предприятия представляют собой объекты повышенной опасности. Это связано со стохастической природой используемого сырья, промежуточных и конечных продуктов. Такая особенность накладывает на инженерно-технический персонал определенную ответственность, т.е. необходимость принимать решения в реальном времени (онлайн), зачастую в экстремальных

или аварийных ситуациях. Например, по данным зарубежной печати, в области нефтехимии, в 26 % случаев, виновниками аварии являются операторы (можно вспомнить отечественный Чернобыль), при этом ущерб от каждой аварии может достигать миллионов и миллиардов долларов.

Поэтому, как показывает зарубежный и отечественный опыт, задача обучения и переподготовки операторов-технологов становится всё более актуальной, и решать её надо с помощью специализированных систем имитационного моделирования химико-технологических систем [1,2] и компьютерных тренажёров, принципиальная схема одного из них показана на рисунке 1.

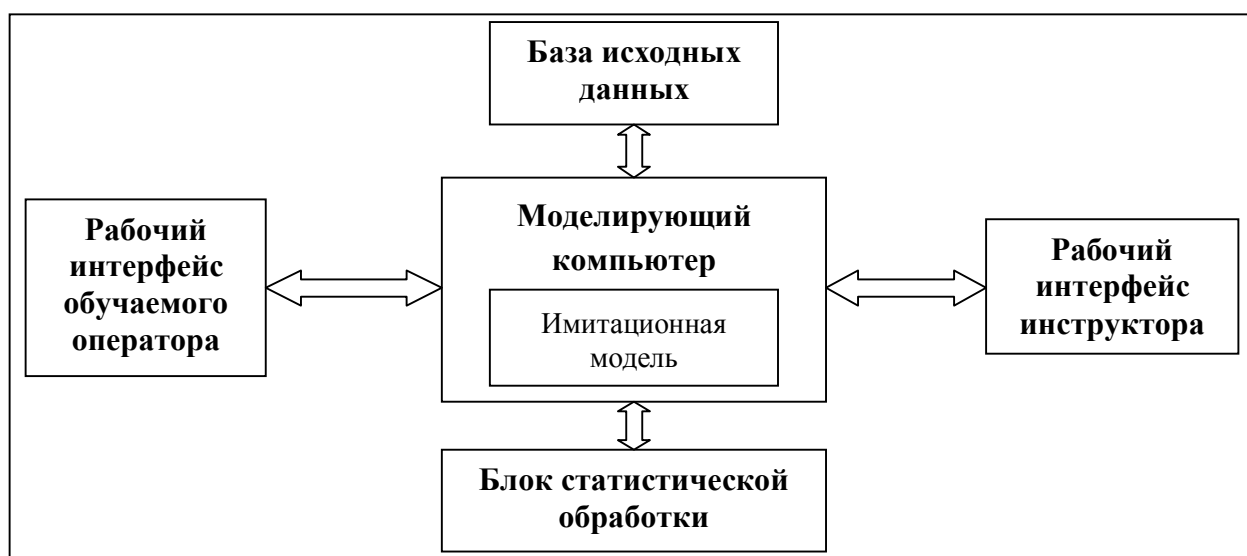


Рис. 1 – Структура современного компьютерного тренажёра

А такая ускоренная «практическая обкатка» операторов-производственников на тренажёре (или бизнес-образование) ориентирована на решение актуальных практических проблем, достижение конкретных результатов «здесь и сейчас». Если для традиционной системы обучения характерны «размытые», отдаленные цели – освоение, формирование, изучение, обучение «впрок», то для бизнес-образования характерна ориентация на формирование конкретных умений и навыков, необходимых для выполнения четко поставленных производственных задач. Именно в этом – залог его эффективности.

Поэтому в данной работе рассматриваются вопросы построения современной технологии обучения производственному процессу приготовления цементно-сырьевых смесей на базе компьютерного тренажёра.

Основой технологии получения цемента гарантированного качества служит, как известно, стабильность состава и свойств цементно-сырьевой

смеси. Приготовление таких смесей возможно только при точном дозировании в сырьевые мельницы исходных компонентов известного химического состава. При этом, в технологической цепочке получения цемента, сама задача получения смеси заданного химического состава встречается дважды или трижды, в зависимости от технологической схемы карьера и сырьевого передела [3].

Поэтому качество готовой смеси обеспечивается либо дозировкой смесей промежуточного состава, либо предварительно усреднённых в складах (или шламбассейнах) исходных сырьевых материалов, поступающих из экскаваторных забоев[4].

Нами, на основе ранее выполненных исследований[5], разработана компьютерная программа «Корректировка химического состава цементно-сырьевой смеси».

Эта программа позволяет стабилизировать качество приготавливаемой смеси и сократить время её приготовления.

А это, соответственно позволяет уменьшить расходы электроэнергии на работу насосов, сжатого воздуха на перемешивание, расходы на транспортирование дополнительных корректирующих добавок, оптимально планировать работу карьеров по добыче сырья, не допуская перепроизводства или, недостатку сырья и т.д.

Разумеется, что для работы с такой компьютерной программой от технолога-оператора (или химика-технолога) требуется достаточно высокий уровень квалификации и обладание соответствующим уровнем компьютерной подготовки и достаточно быстрыми моторно-рефлекторными реакциями на изменения конкретной производственной ситуации.

Теоретической основой компьютерного тренажёра является математическая модель процесса смешивания, которая строится на базе уравнений баланса массы сырья, воды, содержания отдельных химических оксидов, заданных значений технологических модулей (КН, силикатного и глинозёмного) [6].

В таблице 1 представлены уравнения процесса смешивания как для статического состояния (статика процесса), так и в состоянии изменения (динамики процесса). При этом, имитационная модель технологической цепочки строится на базе теории кусочно-линейных агрегатов [7], а применительно к цементному производству, дополнительно учитываются случайные колебания параметров процесса смешивания [8].

Сама по себе имитационная модель-тренажёр представляет собой комплекс взаимосвязанных программ для автоматизированного рабочего места сменного химика-технолога в сырьевом цеху, цеху помола клинкера или центральной заводской лаборатории.

Таблица 1 – Математические модели процесса получения цементно-сырьевых смесей заданного химического состава.

Статика	Динамика
$\bar{R}_j = \sum_{i=1}^n \bar{d}_i \times \bar{R}_{ij}$	$\Delta R_j = \frac{1}{\lambda_0} \left\{ \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{\bar{R}_{ij} - R_{ij}[P_1(t)]}{\prod_{l=1}^L \lambda_{li}} \times \{U \times \bar{d}_i + \delta[P_2(d_i)]\} \right\} \right\}$

Условные обозначения:  $\bar{R}_j$  – среднее значение  $j$ -го химического оксида в  $i$ -м сырьевом компоненте;  $n$  – количество сырьевых компонент;  $\bar{d}_i$  – средняя дозировка  $i$ -го сырьевого компонента;  $\bar{R}_{ij}$  – среднее значение  $j$ -го химического оксида в  $i$ -м сырьевом компоненте;  $\Delta R_j$  – отклонение от среднего значения колебаний химического оксида  $R_j$ ;  $\lambda_0$  – усреднительная способность конечного гомогенизатора;  $\lambda_{lj}$  – усреднительная способность промежуточного гомогенизатора на  $l$ -й стадии для  $R_j$  оксида  $i$ -го сырьевого компонента;  $\bar{R}_{lj}$  – среднее значение оксида  $R_j$  на  $l$ -й стадии переработки  $i$ -го сырьевого компонента;  $R_{lj}[P_1(t)]$  – текущее значение  $j$ -го оксида  $R_j$  на  $l$ -й стадии переработки  $i$ -го сырьевого компонента, подчинённое  $P_1(t)$  закону распределения вероятностей;  $U$  – функционал управления, оказывающий влияние на изменения корректирующих дозировок  $d_i$   $i$ -го сырьевого компонента,  $\delta[P_2(d_i)]$  – ошибка дозирования, подчинённая  $P_2$  закону распределения вероятностей для  $i$ -го сырьевого компонента.

Тренажер содержит:

1) динамическую имитационную модель технологических процессов смешивания и усреднения цементно-сырьевых смесей, позволяющую проводить машинные эксперименты работы оборудования, с учётом случайных возмущений и помех;

2) многооконный интерфейс (рис. 2), позволяющий сменному химику-технологу на мониторе наглядно видеть состояние процесса;

3) ряд сценариев аварийных ситуаций для проведения тренировки стажёров, демонстрации аварий, показа правильных действий (рис. 3).

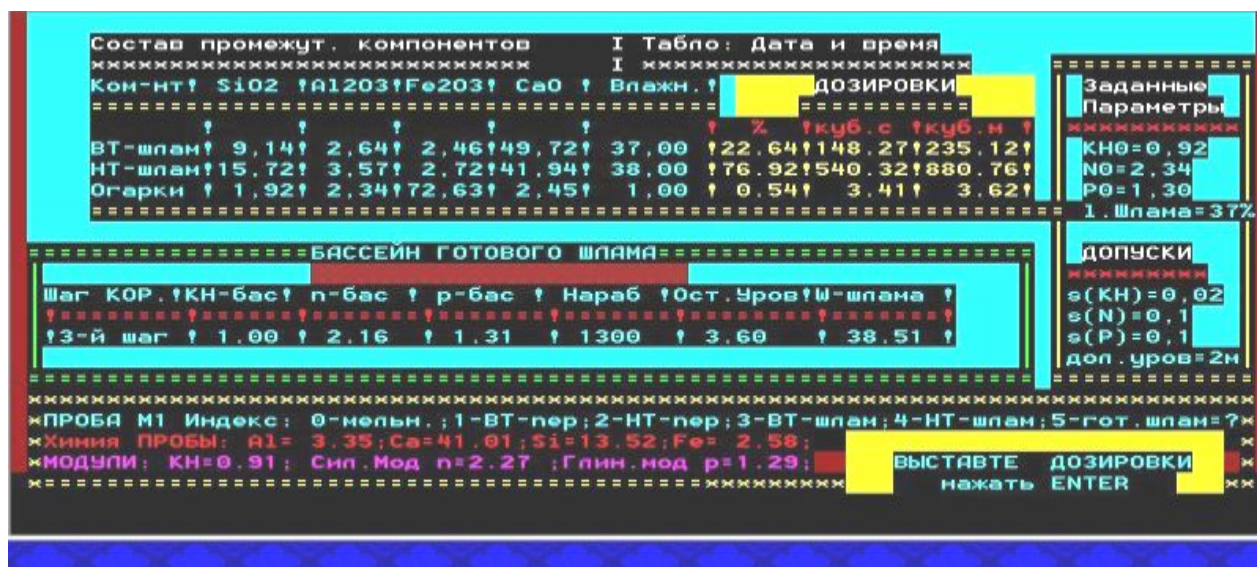


Рис. 2 – Современный рабочий интерфейс программы «Корект»

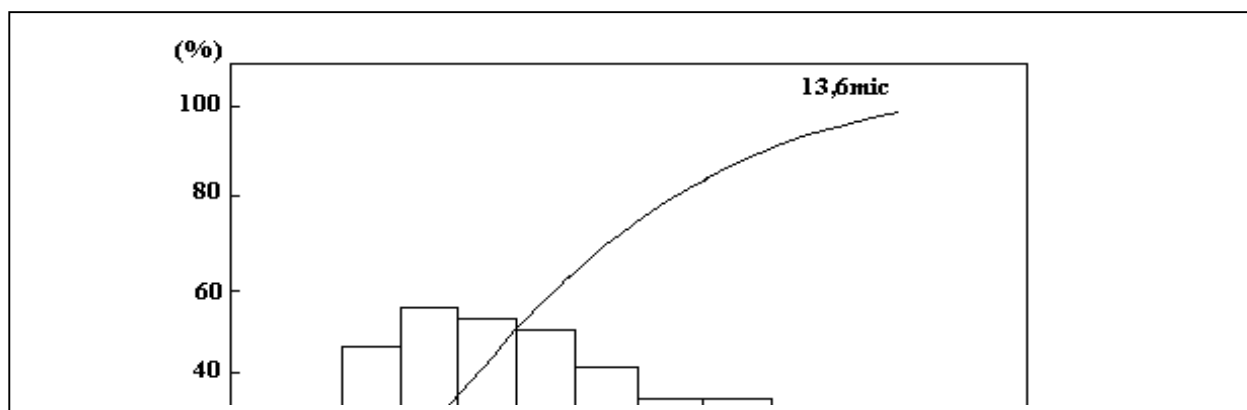


Рис. 3 – Молодые стажёры осваивают работу на компьютерном тренажёре.

### Выводы.

Предлагается внедрение простой в эксплуатации и дешёвой компьютерной программы корректировки процесса приготовления цементно-сырьевых смесей заданного состава при мокром и сухом способах производства (как для поточной, так и порционной технологии). Эта компьютерная программа может быть использована в качестве учебного тренажёра для подготовки операторов-технологов. Несомненное преимущество тренажера заключается в безопасности обучения, поскольку действия стажёра на реально-действующем технологическом оборудовании иногда не просто нежелательно, но и опасно.

**Список литературы:** 1. Официальный сайт UniSim Design: <https://www.honeywellprocess.com/en-US/pages/default.aspx>. 2. Комп’ютерне моделювання в хімії та технологіях: І наук.-практ. конф. з міжнародною участю, 12-16 трав. 2008 р.: тези доп. / М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т України «КПІ», Черкаський держ. техн. ун-т, Черкаське регіон. відділ. Укр. Техн. Академії. – Черкаси:

Черкаський ЦНТЕІ, 2008. – 284 с. **3.** Данюшевський С.І. Основи технології приготування портландцементних сировинних сумішей / [С.І. Данюшевський, Г.Б. Егоров, Л.В. Белов, Ю.В. Никифоров]. – Л.: Стройиздат, 1971. – 183 с. **4.** Панасенко А.І. Прогнозування коливань хімічного складу сировини в екскаваторних забоях / А.І. Панасенко, А.А. Сендеров, П.П. Шепитько // Цемент України. –1998. – № 1. – С. 29 – 31. **5.** Сорокін О.В. Приготування сировинного шламу в потоці з використанням сучасних ПЕВМ / О.В. Сорокін, А.А. Сендеров, І.М. Тынников // Цемент України. –1997. – № 1. – С. 24 – 28. **6.** Бутт Ю.М. Технологія цементу і других вяжущих матеріалів / Ю.М. Бутт. – М: Стройиздат, 1964. – 352 с. **7.** Бусленко Н.П. Лекції по теорії складних систем / Н.П. Бусленко, І.Н.Коваленко, В.В.Калашиников. – М: Советское радио, 1973. – С. 346. **8.** Сендеров А.А. Основи розрахунку чутливості і стійкості проектуваних технологічних схем цементного виробництва методом імітаційного моделювання / А.А. Сендеров, М.А. Вердиян // Труды Ницементу. – 1984. – Вып. 82. – С. 90 – 111.

**References:** **1.** Oficial'nyj sajt UniSim Design: <https://www.honeywellprocess.com/en-US/pages/default.aspx>. **2.** Комп'ютерне моделювання в хімії та технологіях: I nauk.-prakt. konf. z miznarodnoyu uchastyu, 12-16 trav. 2008 r.: tezy dop. / M-vo osvity i nauky Ukrayiny, Nats. tekhn. un-t Ukrayiny «KPI», Cherkas'kyu derzh. tekhn. un-t, Cherkas'ke rehion. viddil. Ukr. Tekhn. Akademiyi. – Cherkasy: Cherkas'kyu TsNTEI, 2008. – 284 s. **3.** Danjushevskij C.I. Osnovy tehnologii prigotovlenija portlandcementnyh syr'evykh smesej / [C.I. Danjushevskij, G.B. Egorov, L.V. Belov, Ju.V. Nikiforov]. – Leningrad: Strojizdat, 1971. – 183 s. **4.** Panasenko A.I. Prognozirovanie kolebanij himicheskogo sostava syr'ja v jekskavatornyh zabojah / A.I. Panasenko, A.A. Senderov, P.P. Shepit'ko // Cement Ukrainy. – 1998. – № 1. – S. 29 – 31. **5.** Sorokin O.V. Prigotovlenie syr'evogo shlama v potoke s primeneniem sovremennyh PjeVM / O.V. Sorokin, A.A. Senderov, I.M. Tynnikov // Cement Ukrainy. – 1997. – № 1. – S. 24 – 28. **6.** Butt Ju.M. Tehnologija cementa i drugih vjazhushchih materialov / Ju.M. Butt. – Moscow: Strojizdat, 1964. – 352 s. **7.** Buslenko N.P. Lekcii po teorii slozhnyh sistem / N.P. Buslenko, I.N. Kovalenko, V.V. Kalashnikov. – Moscow: Sovetskoe radio, 1973. – S. 346. **8.** Senderov A.A. Osnovy raschjota chuvstvitel'nosti i ustojchivosti proektiruemyh tehnologicheskikh shem cementnogo proizvodstva metodom imitacionnogo modelirovanija / A.A. Senderov, M.A. Verdijan // Trudy Niicementa. – 1984. – Vyp. 82. – S. 90 – 111.

*Поступила в редколлегию (Received by the editorial board) 30.06.14*

УДК 681.5:004.896

**Современная технология обучения специалистов по производству цементно-сырьевых смесей / А.Н. РАССОХА, А.А. СЕНДЕРОВ, И.В. ДМИТРЕНКО // Вісник НТУ «ХПІ». – 2014. – № 53 (1095). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 98 – 104. – Бібліогр.: 8 назв. – ISSN 2079-0821.**

Розглядаються питання сучасної технології навчання фахівців з готування цементно-сировинних сумішей заданого складу. Базою для цього є комп'ютерний тренажер на основі імітаційної моделі технологічного процесу готування цементно-сировинних сумішей. Це дозволяє відпрацьовувати моторно-рефлекторні навички та реакції навчаємих технологів на штатні й позаштатні ситуації, тим самим, підвищувати кваліфікацію цих фахівців.

**Ключові слова:** цементно-сир'єва суміш, технологія, математична модель, комп'ютерна імітаційна модель, навчальний процес, комп'ютерний тренажер, інтерфейс, оператори-технологи.

**Modern technology of the education specialist on production cement raw materials mixtures / A.N. RASSOHA, A.A. SENDEROV, I.V. DMITRENKO // Visnyk NTU «KhPI». – 2014. – № 53 (1095). – (Series: Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ecolohiya). – P. 98 – 104. – Bibliogr.: 8. – ISSN 2079-0821.**

They are considered questions to modern technology of the education specialist on preparation cement-raw materials mixtures of the given composition. The base for this is a computer simulator on base of the simulation model of the technological process of the preparation cement-raw materials mixtures. This allows to perfect motor-reflex skills and reactions trained technologist on staff and no-staff to situations, hereunder, raise the qualification these specialist.

**Keywords:** cement-raw materials mixture, technology, mathematical model, computer simulation model, scholastic process, computer simulator, interface, operators-technologists.

УДК 541.123.2-666.3

**Г.К. САФАРАЛИЕВ**, д-р физ.-мат. наук, проф., ФГБОУ ВПО «ДГУ»,  
Махачкала, Россия,

**Ш.Ш. ШАБАНОВ**, канд. техн. наук, доц., ФГБОУ ВПО «ДГУ»,  
Махачкала, Россия,

**Г.Д. КАРДАШОВА**, канд. физ.-мат. наук, доц., ФГБОУ ВПО «ДГУ»,  
Махачкала, Россия,

**Р.Р. АХМЕДОВ**, инж., ФГБОУ ВПО «ДГУ» Махачкала, Россия

## **ВЫСОКОПЛОТНЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ С ДОБАВКАМИ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ**

Работа посвящена установлению закономерностей синтеза и технологических аспектов образования керамических материалов на основе карбида кремния и нитрида алюминия методом горячего прессования, а также исследованию ее структурных свойств. В работе приведены результаты фазового анализа керамического образца SiC – AlN (70 вес. % SiC), полученного методом горячего прессования при использовании технического карбида кремния.

**Ключевые слова:** карбид кремния, нитрид алюминия, керамические материалы, горячее прессование, спекание, структура, фазовый анализ.

Среди керамических материалов конструкционного назначения особое место принадлежит композиционным материалам SiC – AlN, которые сочетают высокий уровень характеристик, присущих индивидуальным компонентам.