

# Основные технологические процессы: смешивание и перемешивание.

## Технические задачи и вызовы времени

*«Мир переходит от индустриальной к инновационной экономике. Это совершенно иные вещи, и если раньше мы добивались высоких темпов роста за счет строительства больших заводов, трубопроводов, то теперь начинаются, может быть, более мелкие и изощренные проекты. Инновационное движение вперед основано на том, что вы продвигаете вперед технологическую границу, то есть, границу высших достижений технологий, производительности и других категорий...»*

Е.Г. Ясин, Высшая Школа Экономики, август 2014 года



**Владислав Зеленский,**

доктор-инженер, к.т.н., СППИ, СПбГТИ (ТУ),  
СПБГАСУ

Сегодня многие зарубежные и отечественные специалисты способны творить чудеса, и порядок этих чудес зависит от квалификационных уровней профессионально подготовленных кадров. Практика 2000-х годов показала, что неопытные и слабые молодые выпускники массового производства способны плодотворно трудиться лишь под началом высокопрофессионального организующего звена. В противном случае в работе формируется хаос, не приводящий в дальнейшем к продуктивной самоорганизации и получению положительных результатов. Увы, но нужно честно сказать, что в настоящее время в РФ творить чудеса и обеспечивать реальную материализацию бизнес-идей и концепций способны лишь высшие квалификационные категории и многоопытные профессионалы инженерно-технологического

мастерства или экономико-гуманитарных знаний. Невежество множит ошибки и проблемы. Многие определяют атмосферу бизнес-среды и желания субъектов предпринимательской деятельности. Состоится ли рукотворное чудо – зависит от точки приложения творческой энергии человека. Проблема в запросе – техническом, проектном, экономическом, социальном.

Вопросы правильной технологической практики в нашей стране несколько веков были в высшей степени актуальными: имея ограниченные ресурсы и скромный капитал, необходимо было всегда самым оптимальным и научно-обоснованным способом реализовать запланированный проект, в противном случае работа оборачивалась пустой тратой времени, денег и иных ресурсов. Примеры холостой деятельности и откровенной профанации мы видели еще 25 лет назад. Давно наступило время анализировать настоящую и правдивую историю страны, когда исключительное мастерство приносило исключительные результаты. Это времена, когда слово «ИНЖЕНЕР» означало «ключевой специалист», а мастерство высоко ценилось, как в плане личного достатка, так и в части общественного признания соиздательного начала высокопрофессиональной личности.

Для понимания сути современных проблем остановимся на рассмотрении основных исторических вех отечественной промышленности в привязке к пищевой отрасли:

- формирование нового промышленного уклада, переход от кустарного и мануфактурного к промышленному производству, строительство крупных производств – конец 19 века;
- создание теории основ процессов и аппаратов (процессный инжиниринг) – 1909 год, Санкт-Петербург;
- зарождение отечественного отраслевого машиностроения – начало XX века;
- бурный рост промышленности и производства – начало XX века;
- уничтожение государственности, системы образования и класса специалистов, развал промышленности, эмиграция, террор, репрессии – с 1917 года;
- формирование новой системы организации и управления – 1920–30-е годы;
- формирование самостоятельной отрасли среднего машиностроения, в том числе пищевого и химического – к 1940-м годам;
- формирование нового класса инженерно-технических специалистов – 1930–80-е годы;
- новый расцвет межотраслевой промышленности и машиностроения – 1960–80-е годы;
- экономический и политический коллапс – 1970–90-е годы;
- подъем экономики, рост инвестиций в пищевую промышленность, некоторое улучшение в отраслевом машиностроении – 1994–2008 годы;
- внедрение новых технологий, оборудования и комплексов автоматизации, систем менеджмента качества – рубеж XX и XXI веков;

■ глубокий внутренний кризис экономики, промышленности, методов управления – 2000-е годы и по настоящее время.

Становление массового производства продуктов и товаров в России пришлось на период I Мировой Войны, ключевую роль в этом сыграли деятели российской науки и инженерного искусства. Именно в ту эпоху были предприняты шаги к широкомасштабному освоению производств новейших химических материалов – от специальных веществ военной химии, особых топлив, фармацевтических, медицинских препаратов – до продуктов тонкой химической технологии: кислот, щелочей, растворителей, красителей, заменителей сахара, иных соединений, было начато производство консервов и пищевых концентратов. Практика XIX–XX веков выявила важные общие технологические принципы и подходы межотраслевых производств: чистота продуктов, высокая однородность композиций, констатация ряда специфических особенностей организации производства, предварительное определение категории уровня качества продукции, предшествующий РОЗМЫСЛ (*рус. устар.*) – детальный анализ и проектирование. Главным техническим звеном производственной деятельности стал аппарат (реактор), в котором происходит реализация технологического процесса. Конструирование аппаратуры не поддается шаблонному подходу, вариантов может быть много, а поиск оптимального решения технологической задачи – стержень теории процессного инжиниринга. Специфика про-

цессов, протекающих в оборудовании, требует от разработчика умения проводить при проектировании не только прочностные, но и технологические, тепловые, гидро- и аэродинамические расчеты. Разработка методов таких расчетов, учет в конструкции оборудования специфики конкретных технологических процессов является неотъемлемым элементом прогресса межотраслевого машиностроения.

*Насколько это востребовано сегодня? Каков запрос на эффективные технологические решения и правильную производственную практику? Это еще вопрос, и однозначного ответа на сегодня нет. А ведь это суть современного положения дел: подходы, методология, культура.*

Проблемы совокупного качества продукции в последнее время выступают камнем преткновения, на котором балансируют и промышленность, и торговля: или низкое качество основной части отечественных товаров и убогое импортозамещение, или высокое качество и сверхпродвинутое иностранное производство. О профанации систем обеспечения качества, надлежащей технологической практики, безопасности продукции уже много говорили и писали отраслевые специалисты. Однако повторяюсь, вопрос заключается в глубинном запросе и методических подходах. Одна компания работает так, другая иначе... У каждого своя ниша, но эти критерии должны выбираться осознанно, исключая практику фальсификации и введения потребителя, как и самих себя, в заблуждение. Главное определиться, сделать свой выбор и встречное предложение потребителю. В конце XIX века был найден эффективный инструмент, предложенный С.Ю.Витте, – сотрудничество и допуск в страну иностранного капитала, приток новых технологий. Впрочем, в России никогда не стоял вопрос самоизоляции, страна всегда стремилась быть частью Европы, исключением лишь являются черные времена люмпенбольшевизма. *И сегодня проблема подходов снова является одним из вызовов на пути развития отечественной промышленности и экономики.*

### Процессы смешивания и перемешивания

Возвращаясь к решению задач технологии, нужно отметить, что процессы смешивания и перемешивания, включая процессы гомогенизации и диспергирования, являются одними из самых распространенных основных или вспомогательных процессов. Несмотря на кажущуюся простоту, они представляют собой сложные физические явления, и далеко не все стороны их организации на настоящее время изучены, оптимизированы и освоены с научной и производственной стороны. Достаточно часто именно эти процессы организованы и осуществляются не то чтобы не самым должным образом, а наоборот, самым неправильным, что, в конечном счете, не ведет к решению поставленных технологических задач. Проблемы качества производимой продукции в ряде случаев обусловлены не только объективными причинами (недоработками при создании или производстве товара, или низким качеством сырья), но и скрытыми факторами, такими, как, например, естественная физическая неоднородность композиций, наличие агломератов и примесей, проявление сегрегации под воздействием ряда внешних и внутренних факторов, самопроизвольное гранулирование, даже изменение ряда органолептических свойств вследствие изменения физики и механики взаимодействия фаз, нарушение норм химической и микробиологической чистоты и др. Как следствие – происходит значительное ослабление требуемого целевого технологического эффекта или его достижение становится вообще невозможным, теряется воспроизводимость результата от цикла к циклу, от партии к партии, от разработки к тиражной тоннажной продукции, тем самым осуществляется выпуск низкокачественной продукции или откровенного брака.

Процессы смешивания и перемешивания были и остаются одними из основных технологических процессов перерабатывающей, пищевой, ингредиентной, пищекокцентратной и ряда других отраслей. Перемешивание жидких сред – достаточно сложная задача, поскольку

в большинстве случаев преследуется ряд целей: интенсификация процессов тепломассообмена, перемешивание вязких сред или распределение дисперсных фаз (несмешивающихся жидкостей, газа, твердых частиц той или иной природы). Механизмы этих процессов чрезвычайно сложны и характеризуются большим числом параметров, которые непосредственно зависят от свойств рабочей среды, способов организации процесса и типа рабочих органов аппарата, осуществляющих непосредственную передачу энергии. Анализ происходящих при этом явлений невозможен без понимания сущности акта образования дисперсных фаз в конкретных условиях. В ряде случаев требуется минимальная интенсивность перемешивания (низкая скорость перемешивания, блендинг). Однако в большинстве технологических процессов необходимо обеспечение высокой интенсивности перемешивания (высокая скорость перемешивания, миксинг, диспергирование, эмульгирование, гомогенизация). Дробление капель или пузырей происходит при одновременном действии нескольких механизмов диспергирования, в основе которых лежат физические закономерности механики неоднородных сред и турбулентных течений. Характер рассева энергии в среде с учетом конструктивных особенностей аппарата и среды оказывает непосредственное влияние на достижение целевого технологического эффекта. При этом необходимым условием эффективного протекания процессов диспергирования является достижение максимально возможного однородного распределения дисперсных фаз в объеме аппарата. Разумеется, что оно неоднородно по всему объему и имеет некоторые ключевые локальные точки, характеризующие и определяющие протекающие процессы и явления. Именно они определяют итоговую эффективность диспергирования, обеспечивающего максимальную поверхность контакта фаз и минимальные размеры капель или пузырей, условия распределения или разрушения твердой фазы в конкретной технологической обстановке. Необходимыми условиями ре-

ализации процессов в емкостных аппаратах являются отсутствие осадка твердых частиц на днище аппарата, отсутствие зонирования объема по газовой фазе, подведение необходимого количества энергии для обеспечения дробления капель или пузырей, диспергирования твердой фазы. Указанные условия реализации процессов достигаются в различных обстоятельствах при применении разных конструктивных схем аппаратов и типов перемешивающих устройств.

При смешивании сыпучих материалов движущей силой процесса выступает разность концентраций компонентов в рабочем объеме аппарата или во времени при непрерывном ведении процесса. Как при периодическом, так и при непрерывном смешивании целью является достижение максимально возможной степени однородности композиции, свойственной данной технической системе «среда – организация процесса – аппарат». В ходе периодического цикла производства в аппарате происходит смешивание фиксированного количества компонентов, при этом одновременно протекает несколько элементарных явлений: конвективное смешивание или перенос компонентов в объеме аппарата; диффузионное смешивание или перемещение единичных частиц различных компонентов относительно друг друга; естественная сегрегация – разделение композиции ввиду различной природы частиц. При непрерывном смешивании осуществляется одновременная подача компонентов, и выгрузка готовой смеси. Аппараты периодического действия обеспечивают начальную пространственную неоднородность композиции, аппараты непрерывного типа также подавляют начальную пространственную неоднородность композиции, но не подавляют временную неоднородность, которая связана с пульсациями расхода компонентов ввиду особенностей работы питателей. Грамотная организация процесса, аппаратурной обвязки и автоматизации нивелируют временную неоднородность. Здесь необходимо специально указать, что у каждого конструктивного типа смесителей (независимо от вари-

анта периодичности его функционирования) есть своя наиболее целесообразная область применения. Невозможно решать разные технологические задачи по смешиванию в аппаратах одного конструктивного типа.

Еще на рубеже 1990–2000-х годов стало очевидным, что эпоха типового оборудования, широко применяемого в массовых типах производств, безвозвратно уходит в прошлое, внося свой положительный вклад в разработку аппаратуры, ее расчетов и конструирования. Однако будущее все-таки остается за эксклюзивной техникой, которая наиболее полно может быть адаптирована под потребности конкретного производства с конкретными условиями и эксклюзивными решениями. Сегодня каждое производство настолько уникально, что применение типовых решений нивелирует исключительность ноу-хау или совокупность технологических факторов. Индивидуальное оборудование в большинстве случаев применяется в оправданно, так как создает наилучшие условия достижения целевого технологического эффекта, которые возможно обеспечить, только учитывая конкретные условия и особенности технологических процессов. Тем не менее увлеченность аппаратными изысками (что часто случается) имеет свои границы. В частности, создание новых типов механических перемешивающих устройств, их модификаций и конструкций уже давно потеряло свою актуальность и носит чисто конъюнктурный и рекламно-имиджевый характер. Практика показывает, что в действительности многие задачи могут быть успешно решены путем применения ограниченного числа конструкций мешалок или емкостных барабанов, простых в изготовлении и имеющих свои конкретные области работы.

Немаловажным фактором является и качество изготовления оборудования. К сожалению, можно констатировать, что рынок оборудования в РФ наводнен некачественной продукцией. Аппаратура не соответствует требованиям надлежащего качества и даже стандартам ушедшего периода ГОСТов; некоторые

конструктивные решения просто игнорируют базовые физические закономерности осуществления основных технологических процессов; применяются устаревшие и неэффективные типы перемешивающих устройств; завышены мощности установленных приводов; аппараты не обеспечивают требуемых режимов работы; игнорируются рекомендации GMP; нет надежного и продвинутого КИПиА; упускаются нормы пожаро- и взрывобезопасности, пыле- и влагозащиты и другие факторы – вплоть до неудобства эксплуатации и ремонтпригодности отдельных узлов и деталей. Нередки случаи применения некачественного металла и даже отличия изготовленного оборудования от согласованных разработчиком или заказчиком чертежей.

*И это тоже – один из вызовов времени!* Разумеется, что в таких условиях затруднительно прогнозировать протекающие процессы и обеспечивать качество готовой продукции. Тем не менее на отечественном рынке присутствуют профессиональные машиностроители, конкурентная борьба которых с шарлатанами, бракоделами и фальсификаторами осложняется низким уровнем компетентности потребителей и погоней за пресловутой дешевизной. Почему-то при выборе изготовителя оборудования многие забывают достоверно оценить величину критерия «цена-качество». Именно возможности расчета, пилотного моделирования, знания нюансов поведения среды и его прогнозирование позволяют достигать требуемых результатов и обеспечения надлежащей производственно-технологической практики.

Следует еще раз отметить, что решение конкретных технологических задач осуществляется путем целенаправленного выбора наиболее подходящего для конкретных условий конструктивного типа аппарата (емкостной, проточный, циркуляционный, локально-встроенный, пульсационный, вибрационный или иной).

К сожалению, ни зарубежная, ни отечественная инженерная практика не создала четкого описания предельных границ

применимости тех или иных агрегатов и технических систем, что и не возможно в настоящее время ввиду большого количества частных практических случаев. Решение вопроса аппаратного оформления технологических процессов, как правило, лежит в зоне профессиональной ответственности специалистов именно в сфере конкретных процессов и соответствующего инженерно-аппаратурного обеспечения. Имеющийся опыт инженеров-процессионщиков, разумеется, позволяет сделать выбор конкретной эффективной машины и не предлагать иных менее целесообразных и даже нерациональных решений. Наступило и у нас время, когда комплекс R&D начинает играть свою ключевую управленческую роль в инновациях и промышленном производстве.

### Повышение качества отечественной продукции

Всеобщее повышение качества отечественной продукции и услуг должно стать **НАЦИОНАЛЬНОЙ ИДЕЕЙ** в Российской Федерации! В последние годы почему-то забыта «Концепция национальной политики России в области качества продукции и услуг» (1998 год), в основу которой положено устойчивое развитие отечественной экономики и ее интеграции в глобальную мировую экономику. Главный тезис Концепции: «Всеобщее повышение качества отечественной продукции и услуг должно стать национальной идеей» понят и принят лишь незначительной частью общества. Это не работает все последние 15 лет. Экономика буксует...

Именно тогда впервые в истории нашей страны был создан документ, в котором осуществлена попытка сформировать перспективные цели всего общества в области качества и хозяйственной деятельности различных субъектов экономики, во главу угла был поставлен человек и его потребности! В послании Президента РФ к Федеральному Собранию (март 1999 г.) подчеркивалось, что повышение конкурентоспособности экономики является основным смыслом развития страны, главной идеей ее вхождения в XXI век.

Однако практических действий со стороны руководителей государства в этом направлении не последовало... Сегодня некоторые подсчитывают убытки от перехода соседей на новый уклад экономики, на новые принципы стандартов и качества. Но сколько будет стоить это нам, если мы сами на них не перейдем!? Почему-то таких оценок нет. Наоборот, слышны призывы перекрасившихся большевиков о выходе из ВТО и о введении госрегулирования цен на продовольствие. Мы балансируем над пропастью! *И это есть очередной самый серьезный и опасный вызов времени!*

Мониторинг ситуации экономистами в 2014 году свидетельствует, что в стране отсутствуют государственные механизмы повышения заинтересованности производителей в деятельности по управлению качеством; ситуация говорит о наличии государственных механизмов, препятствующих появлению такой заинтересованности! В стране не хватает капитала, технологий, широкого спектра кадров, самой производственной базы и главное – атмосферы созидательного социально-экономического запроса. Есть пустые лозунги и профанация... И о каком импортозамещении тогда сегодня идет речь?

Именно сегодня профессиональное сообщество должно выступить единым фронтом в борьбе с мракобесами, шарлатанами и экономическими невеждами. Необходимы смена управленческих кадров, анализ и замена ложных идеологов прошлого, формирование управленцев новой формации, владеющих современными технологиями целеполагания и проектирования организационно-технических структур. Устойчивое развитие России – это новое качество социально-экономических механизмов развития, иная культура и качество потребления. Повышение конкурентоспособности экономики может обеспечить лишь государственная политика, ориентированная на приоритетное решение совокупных проблем качества в рамках международного партнерства и уже отработанных цивилизационных подходов!