

А.Н. Исаева, Б.Н. Крганбаев, А.А. Волненко, Д.К. Жумадуллаев
Южно-Казахстанский университет им.М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
e.mail: nii_mm@mail.ru

РАЗРАБОТКА СИСТЕМНО-ПОЭЛЕМЕНТНОЙ МЕТОДОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. Для решения задач анализа, расчета, оптимального проектирования и управления технологическими процессами мощным системно-логическим и формально-математическим аппаратом является системно-поэлементная методология. Такая методология была создана для описания процессов коагуляции и осаждения в многофазных турбулентных потоках. С позиций системного анализа она включает три этапа: качественный анализ структуры физико-химической системы (ФХС); синтез структуры функциональной схемы физико-химических эффектов; идентификация и оценка параметров системы по экспериментальным данным. Рассматривая совокупность физико-химических эффектов и явлений, было выделено шесть типов - от явлений на молекулярном уровне до совокупности процессов, определяющих гидродинамическую обстановку в аппарате в целом. Приближенно к общему случаю в дальнейшем была предложена системно-поэлементная методология, предназначенная для создания экологически совершенного агрегата и включающая 10 этапов, начиная с формулировки проблемы и выбора исходных данных и кончая заданием на проектирование. Нами предложена более совершенная системно-поэлементная методология исследования и экологической модернизации технологического оборудования, этапы которой не описывают специфику того или иного процесса, но вместе с тем отражают целостность и логическую последовательность проводимых исследований.

Ключевые слова: системный анализ, системно-поэлементная методология, этапы, исследование, экологическая модернизация, процесс коагуляции, процесс осаждения, процесс сушки.

Введение. Системно-поэлементная методология это мощный системно-логический и формально-математический аппарат для решения задач анализа, расчета, оптимального проектирования и управления технологическими процессами. Она обеспечивает применение стратегии поэлементного рассмотрения всех элементарных актов физико-химических явлений и системного анализа их отдельного и совокупного воздействия на протекание этих процессов [1-5].

Основы системно-поэлементной методологии заложены в казахстанской научной школе по процессам и аппаратам химических технологий и промышленной экологии. Основателем научной школы академиком НАН РК О.С. Балабековым, на фундаментальной основе, решались вопросы описания процесса дробления жидкостного потока на струйки и капли [6].

Методы. Основным методом системно-поэлементного подхода является построение физико-математической модели химико-технологического процесса, которая используется в дальнейшем для решения задач оптимизации, управления и проектирования.

Результаты. Необходимость и целесообразность применения системно-поэлементного подхода можно проследить на примере анализа процессов коагуляции и осаждения в многофазных турбулентных потоках [5], т.е. системах, для которых характерно многообразие явлений, совмещенность и взаимодействие явлений различной физико-химической природы. Построение математического описания сложного химико-технологического процесса, какими являются процессы коагуляции (в том числе и конденсационно-коагуляционное укрупнение) и осаждения аэрозолей с позиций системного анализа включает три этапа: качественный анализ структуры физико-химической системы (ФХС); синтез структуры функциональной схемы физико-химических эффектов; идентификация и оценка параметров системы по экспериментальным данным.

С точки зрения макропроцессов, следующие исследуемые явления можно отнести [5] к классу детерминированных систем: изменение размеров частиц аэрозоля за счет механизмов конденсационного роста; диффузия молекул паровой фазы к поверхности частиц аэрозоля; образование пленочного течения; молекулярно-диффузионное и инерционное осаждение аэрозоля на каплях, струях и пленках; перенос тепла в газовой, жидкой и твердой фазах. Однако системам присущи и явления стохастического характера: вторичное зародышеобразование; распределение частиц полидисперсного аэрозоля по размерам; коагуляция частиц аэрозоля; пульсационно-хаотическое течение несущего потока и частиц; образование капельной поверхности осаждения при диспергировании жидкости за счет энергии турбулентного потока и т. п.

Взаимодействие явлений детерминированного и стохастического характера и обуславливает особенности процессов укрупнения и осаждения аэрозолей в турбулентных потоках [5].

Трудности при моделировании такого рода ФХС обусловлены не только их сложностью, но и тем, что до недавнего времени были недостаточно разработаны соответствующие разделы теоретической механики неоднородных сред. Так, отсутствовали общие уравнения движения много-фазных сред, которые учитывали бы многокомпонентный массо- и тепло-перенос, фазовые превращения, химические реакции, неравномерность распределения частиц дисперсной фазы по размерам. Поэтому моделирование процессов коагуляции сводилось либо к решению уравнения баланса размеров частиц аэрозоля вне связи с силовыми и энергетическими взаимодействиями фаз, либо к оперированию алгебраическими (при анализе установившихся режимов) уравнениями баланса массы и тепла для аппарата в целом как для объекта с сосредоточенными параметрами [5].

Существующая отечественная и зарубежная литература в области моделирования и расчета процессов коагуляции и осаждения частиц аэрозолей в турбулентных потоках [7- 18], посвященная главным образом решению прикладных технологических задач, отражает лишь отдельные частные стороны проблемы.

Использованный в работе [5] системно-поэлементный подход к описанию сложных ФХС позволяет получить достаточно общее математическое описание процессов укрупнения аэрозолей и их осаждения в многофазных турбулентных потоках, учитывающее все основные особенности в тесной взаимосвязи. На этапе качественного анализа структуры ФХС (рассматривая смысловой и количественный аспекты анализа) сформулированы общие уравнения термогидромеханики полидисперсного аэрозоля (уравнения баланса популяций, количества движения, энергии с учетом различного рода распределения частиц по размерам и фазовых переходов). Тем самым созданы предпосылки для последовательного и обоснованного учета наиболее существенных явлений и их описаний в общей структуре эффектов при построении функциональной блок-схемы (оператора) коагуляции и осаждения полидисперсного аэрозоля в различных устройствах с различными механизмами взаимодействия.

Стратегия системно-поэлементного подхода к исследованию и моделированию процессов коагуляции и осаждения аэрозолей в качестве первого этапа предполагает отдельный качественный анализ структуры процессов образования, укрупнения и осаждения частиц аэрозоля, из которых выделяются два аспекта: эвристико-смысловой, т. е. предварительный анализ априорной информации о физико-химических особенностях рассматриваемых процессов, и математический, т.е. качественный анализ структуры математических зависимостей, которые могут быть положены в основу описания процессов [5].

Рассматривая совокупность физико-химических эффектов и явлений, имеющих место в процессе взаимодействия ансамбля частиц с турбулентным потоком при наличии внешних воздействий, выделено [5] шесть типов таких взаимодействующих явлений и процессов: 1) совокупность явлений на молекулярном уровне; 2) множество физико-химических явлений,

связанных с движением единичной частицы (капли), и явлений межфазного тепло- и массопереноса; 3) физико-химические процессы в ансамбле частиц с учетом их столкновений и фазовых переходов; 4) совокупность процессов, определяющих скорость и эффективность процессов коагуляции в локальном объеме (ячейке) аппарата; 5) совокупность процессов, определяющих макрогидродинамическую обстановку в локальном объеме аппарата, процессы переноса и осаждения аэрозолей; 6) совокупность процессов, определяющих гидродинамическую обстановку в аппарате в целом.

Каждый тип рассмотренной структуры процесса коагуляции характеризуется [5] соответствующей формой математического описания. Основу описания явлений - первого и второго типов составляют феноменологические и статистические методы физико-химической кинетики и химической термодинамики. Для описания явлений и процессов, характерных для третьего типа, используют методы механики мелкомасштабных течений около частицы, гидродинамические модели, основанные на представлениях о движении частиц аэрозоля и межчастичных столкновениях в потоках с гомогенной и изотропной турбулентностью, закономерности движения частиц в вихревом потоке, теории межфазного теплообмена.

Основу описания явлений четвертого типа - структуры процесса коагуляции с учетом фазовых превращений составляют методы статистической теории механики аэрозолей, детерминированные модели переноса массы, импульса и энергии. Пятый тип структуры относится к процессам осаждения и включает модели гидродинамики потоков в локальном объеме аппарата, диссипативные модели каскадного переноса энергии и массы в вихревых потоках, модели, описывающие инерционно-диффузионные механизмы осаждения аэрозолей в потоках с вихревой структурой [5].

Таким образом, математическое описание стохастических свойств процесса коагуляции, дополненное детерминированными моделями переноса массы, импульса и энергии, и инерционно-диффузионные модели осаждения аэрозолей в итоге должны привести к общей математической модели шестого типа процесса коагуляции и осаждения. Уравнения первого, второго, третьего, четвертого и пятого типов структуры эффектов процессов коагуляции и осаждения входят составной частью в математическое описание явлений шестого типа, как математическое описание элементов всей системы в масштабе аппарата [5].

Практика показала, что это описание, прежде всего, должно быть достаточно удобным и простым. Поэтому математическое описание процессов первых трех типов, необходимо максимально упростить и ввести в описание четвертого, пятого и шестого типов в достаточно простой и компактной форме. Упрощение достигается оценкой порядка малости величин с выявлением наиболее значимых факторов, оказывающих доминирующее влияние на процесс коагуляции и осаждения аэрозолей [5].

Представленная последовательность отвечает лишь структуре математического описания процессов коагуляции и осаждения аэрозолей.

В работах [19,20] приближенно к общему случаю предложена методология, предназначенная для создания экологически совершенного агрегата. В нее включается более широкий спектр проблем и задач. Она содержит структуру системно-поэлементной методологии (далее СПМ) создания экологически совершенного агрегата или установки (рисунок 1.2). СПМ состоит из 10 этапов, начиная с формулировки проблемы и выбора исходных данных (1-этап) и кончая заданием на проектирование (10-этап), т.е. включает комплекс задач, отвечающих современным требованиям по созданию новой техники.

Этапы и входящие в них задачи включают [19]:

1 этап – проблема и исходные данные. Передовые машиностроительные фирмы США, Западной Европы и Японии этому этапу уделяют самое пристальное внимание. К нему привлекаются крупные менеджеры, экономисты, технологи и проектировщики. Практически от их решения зависит конкурентоспособность производимой продукции;

2 этап – явления в наномасштабах. На молекулярном уровне эти исследования практически завершены. Сейчас проблема стоит в получении наноматериалов. Она сложна и требует специальных исследований. Здесь следует отметить, что закономерности тепло- и массообмена на макро-, микро- и наномасштабах аналогичны [21];

3 этап – процессы в микромасштабах, которые применительно к направлению по обработке дисперсных материалов должны включать закономерности взаимодействия частиц между собой и внешней средой (столкновение, коагуляция и другие эффекты);

4 этап – исследования единичного акта, без которого невозможно оценить механизм взаимодействия дисперсных частиц под воздействием внешних сил;

5 этап – позволяет с наибольшей вероятностью установить механизм взаимодействия дисперсных частиц со сплошным потоком с учетом конструктивных особенностей разрабатываемого аппарата;

6 этап – выбор конструктивных и режимных параметров разрабатываемого аппарата с целью определения эколого-экономической эффективности;

7 этап – разработка методики расчета и конструирования аппарата;

8 этап – оптимальный выбор экологического и вспомогательного оборудования, без которого невозможна компоновка агрегата, установки и технологической линии производства;

9 этап – разработка методики расчета экологически совершенного агрегата (машины, аппарата, установки);

10 этап – задание на проектирование, что является конечной стадией комплексной НИР с участием исследователей, технологов, экономистов и проектировщиков.

Отмечено [19], что в зависимости от поставленных задач, их изученности и наличия аналогов разрабатываемого объекта количество этапов может быть сокращено.

Механизм взаимодействия частиц твердых материалов наноразмеров сейчас практически не изучен. Для получения таких дисперсных материалов необходима специальная технология и оборудование. Например, можно предположить, что для получения наночастиц измельчением необходимы роторные мельницы с числом оборотов до 150-300 тысяч. Это огромные затраты. Поэтому для получения таких материалов следует использовать физические (холод, тепло, возгонка, конденсация и другие) и химические методы. Поэтому, учитывая, что в процессах пересыпки и сушки дисперсных материалов практически отсутствует пыль наноразмеров, в исследованиях [19] 2 этап был исключен из поставленных задач.

Процессы в микромасштабах (3 этап) достаточно исследованы в фундаментальных исследованиях [7-12], основные научные положения которых были использованы для анализа и разработки методики расчета применительно к разрабатываемому объекту.

10 этап является практически известной нормативной составляющей методологии создания новой техники. Этот раздел может быть выполнен только научной и проектной организацией.

Обсуждение. Рассмотренная системно-поэлементная методология исследования и экологической модернизации технологического оборудования была разработана применительно к сушильным барабанным агрегатам и не охватывает оборудование, которое работает в системах газ-газ, газ-жидкость, жидкость-жидкость и т.д.

На это указывают следующие этапы:

4 этап - Единичный акт взаимодействия дисперсных материалов;

5 этап - Структура и механизм взаимодействия группы единичных актов;

6 этап - Эколого-экономическая эффективность конструктивного решения аппарата.

Анализ работы оборудования в системах газ-газ, газ-жидкость, жидкость-жидкость показывает, что для создания более совершенной методологии необходимо предусмотреть этапы исследований, которые не описывают специфику того или иного процесса, но вместе с тем отражают целостность и логическую последовательность проводимых исследований.

В этой связи нами предложена более совершенная системно-поэлементная методология исследования и экологической модернизации технологического оборудования (рисунок 1), в которой принята следующая формулировка 4-6 этапов:

4 этап – единичный акт взаимодействия, участвующих в процессе фаз;

5 этап – структура потоков и механизм взаимодействия фаз;

6 этап – моделирование гидродинамических закономерностей и физико-химического взаимодействия потоков при проведении технологических процессов.

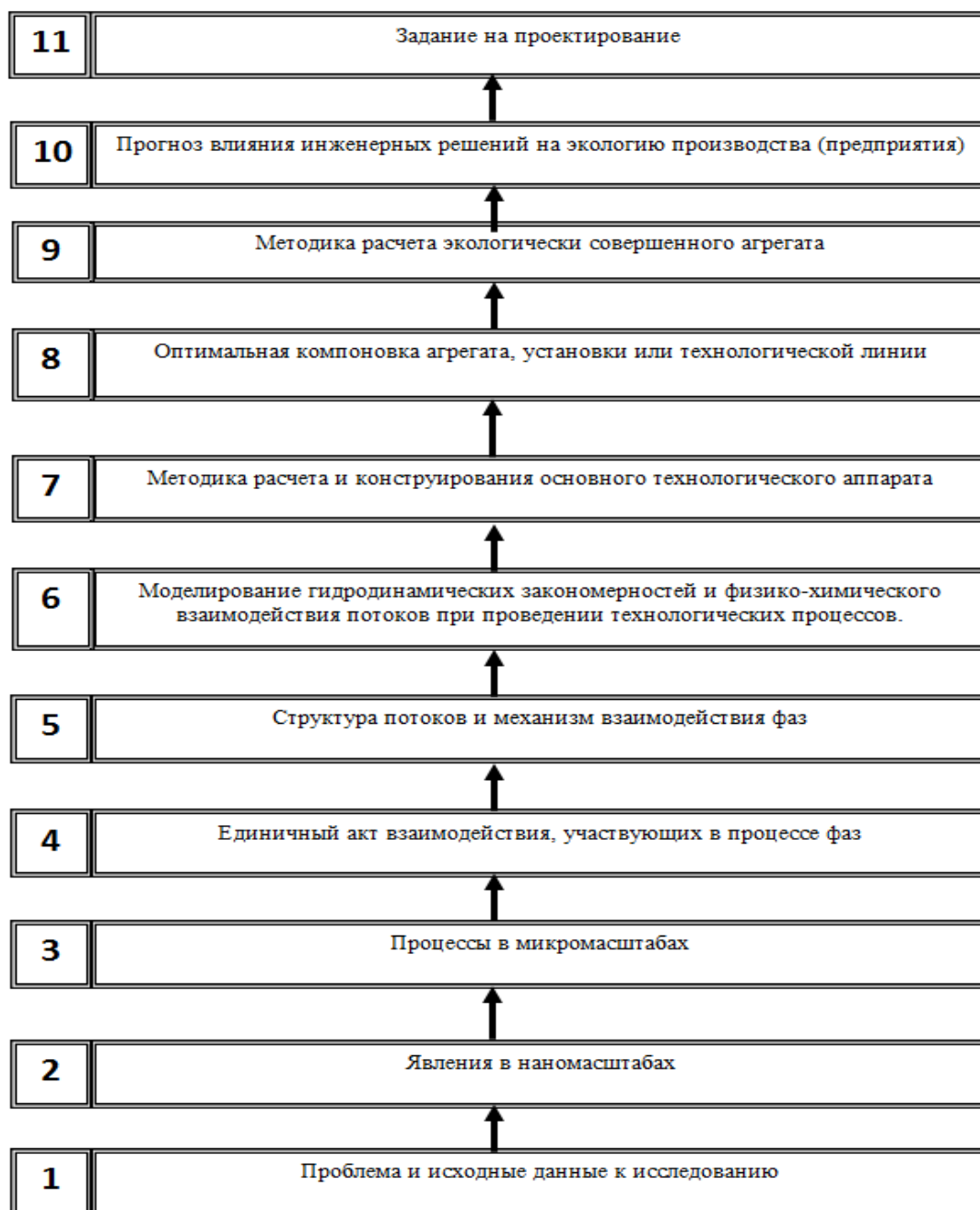


Рисунок 1. Структура системно-поэлементной методологии экологической модернизации технологического оборудования

Формулировка 4 этапа указывает на необходимость проведения исследований единичных актов взаимодействия, участвующих в процессе фаз, дающих возможность произвести оценку влияния внешних сил и возможный вклад в проведение процесса в целом.

Согласно 5 этапу необходимо проведение исследований структуры потоков и механизмов взаимодействия фаз. Проведение реальных процессов носит сложный характер. Механическое суммирование механизмов взаимодействия группы единичных актов может привести к значительным погрешностям. Необходимо детализировать структуру потоков и механизмов взаимодействия фаз с учетом взаимного влияния друг на друга.

Современные исследования, проводимые в лабораторных и промышленных условиях должны дополняться численным экспериментом. Развитие теоретических основ и вычислительной техники позволяют проводить такие исследования. И, именно во взаимосвязи экспериментальных и численных результатов добиваются создания методик расчета оборудования, имеющих незначительные погрешности. Поэтому в качестве 6 этапа нами предложено проведение моделирования гидродинамических закономерностей и физико-химического взаимодействия потоков при проведении технологических процессов.

Кроме того, между 9 и 10 этапами включен этап: прогноз влияния инженерных решений на экологию производства (предприятия).

Таким образом, на основании анализа предлагаемых методологий для описания процессов коагуляции и осаждения в многофазных турбулентных потоках и сушки, нами предложена более совершенная системно-поэлементная методология исследования и экологической модернизации технологического оборудования, этапы которой не описывают специфику того или иного процесса, но вместе с тем отражают целостность и логическую последовательность проводимых исследований.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кафаров В. В., Дорохов И. Н. Системный анализ процессов химической технологии. – М.: Наука, 1976 – 499с.
- [2] Хаппель Док., Бреннер Г. Гидродинамика при малых числах Рейнольдса /Пер.с англ. под ред. Ю. А. Бувевича. – М.: Мир, 1976. – 63с.
- [3] Седов Л. И. Механика сплошной среды. М.: Наука, 1970.–Т.1.–535с.–Т.2.–573с.
- [4] Кафаров В. В., Дорохов И. Н., Кольцова Э. Системный анализ процессов химической технологии /Процессы массовой кристаллизации из растворов и газовой фазы. – М.: Наука, 1983.–368с.
- [5] Ескендиоров М.З. Системно-поэлементное моделирование процессов коагуляции и осаждения аэрозолей в прямооточных многофазных потоках ор-ганизованной вихревой структуры. Дисс. докт. техн. науки. – Шымкент: 2005.-300с.
- [6] Балабеков, О.С. Гидродинамика, массообмен и пылеулавливание при противоточных и прямооточных двухфазных капельных и пленочных течениях в слое подвижной насадки: дис. ...докт. техн. наук: 05.17.08: защищена 26.11.1984: утв. 26.06.1985 / Балабеков Оразалы Сатымбекович. – М., 1984. – 430 с.
- [7] Фукс Н.А. Механика аэрозолей. – М.: АН СССР, 1955. – 352с.
- [8] Грин Х., Лейн В. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы. Пер. с англ. Под ред. Н. А. Фукса. – Л.: Химия, 1968. – 428с.
- [9] Левич В. Г. Физико-химическая гидродинамика. – М.: Физматгиз, 1959. – 700с.
- [10] Фукс Н.А. Успехи механики аэрозолей. Итоги науки, химические науки, № 5. – М.: АН СССР, 1961. – 160с.
- [11] Медников Е.П. Турбулентный перенос и осаждение аэрозолей. – М.: Наука, 1980. – 176с.
- [12] Волощук В.М., Седунов Ю.С. Процессы коагуляции в дисперсных системах. – Л.: Гидрометиздат, 1975. – 157с.
- [13] Torobin L.B., Gauvin W.N. Multiparticle behaviour in turbulent fluids //Canad. J. Chem. Eng. – 1961. – Vol. 39,№2. – P.113-120.
- [14] Бабуха Г.Л., Шрайбер А. А. Взаимодействие частиц полидисперсного материала в двухфазных потоках. – Киев: Наукова думка, 1972. – 175с.
- [15] Баренблатт Г. И. О движении взвешенных частиц в турбулентном потоке //Прикл. мат. и мех. – 1953. – т. 17, №3. – С. 261–274.
- [16] Медников Е.П. Акустическая коагуляция и осаждение аэрозолей. – М.:АН СССР, 1963. – 264с.

- [18] Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю. Подготовка промышленных газов к очистке. – М.: Химия, 1975. – 216с.
- [19] Балабеков, М.О. Методология экологической модернизации технологического оборудования на примере сушильного барабанного агрегата. дис. ...канд.техн.наук: 25.00.36: защищена 18.11.2010: утв. 21.12.2011 / Балабеков Мадди Оразалыулы. – Тараз, 2010. – 300с.
- [20] Алтухов, А.В. Системно-поэлементная методология исследования и расчета экологически совершенного агрегата / А.В. Алтухов, М.О. Балабеков //Materiály IX mezinárodnívědecko – praktická konference «Vědeckýpokrokná přelomutysyachalety – 2013». - Díl 38. Technické vědy: Praha. PublishingHouse «Education and Science». -2013 – S. 41-46.
- [21] Дзюбенко, Б.Ф. Интенсификация тепло- и массообмена на макро-, микро – и наномасштабах / Б.Ф. Дзюбенко [и др.]. –М.: ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2008. -532с.

REFERENCES

- [1] Kafarov V. V., Dorohov I. N. Sistemnyj analiz processov himicheskoj tehnologii. – М.: Nauka, 1976 – 499s.
- [2] Happel' Dok., Brenner G. Hidrodinamika pri malych chislah Rejnol'dsa /Per.s angl. pod red. Ju. A. Buevicha. – М.: Mir, 1976. – 63s.
- [3] Sedov L. I. Mehanika splushnoj sredy. М.: Nauka, 1970.–Т.1.–535s.–Т.2.–573s.
- [4] Kafarov V. V., Dorohov I. N., Kol'cova Je. Sistemnyj analiz processov himicheskoj tehnologii /Processy massovoj kristallizacii iz rastvorov i gazovoj fazy. – М.: Nauka, 1983.–368s.
- [5] Eskendirov M.Z. Sistemno-pojelementnoe modelirovanie processov koaguljacie i osazhdenija ajerozolej v prjamotochnyh mnogofaznyh potokah or-ganizovannoj vihrevoj struktury. Diss. dokt. tehn. nauki. – Shymkent: 2005.-300s.
- [6] Balabekov, O.S. Hidrodinamika, massoobmen i pyleulavlivanie pri protivotochnyh i prjamotochnyh dvuhfaznyh kapel'nyh i plenochnyh techenijah v sloe podvizhnoj nasadki: dis. ...dokt. tehn. nauk: 05.17.08: zashhishhena 26.11.1984: utv. 26.06.1985 / Balabekov Orazaly Satymbekovich. – М., 1984. – 430 s.
- [7] Fuks N.A. Mehanika ajerozolej. – М.: AN SSSR, 1955. – 352s.
- [8] Grin H., Lejn V. Ajerozoli – pyli, dymy i tumany. Per. s angl. Pod red. N. A. Fuksa. – L.: Himija, 1968. – 428s.
- [9] Levich V. G. Fiziko-himicheskaja gidrodinamika. – М.: Fizmatgiz, 1959. – 700s.
- [10] Fuks N.A. Uspehi mehaniki ajerozolej. Itogi nauki, himicheskie nauki, № 5. – М.: AN SSSR, 1961. – 160s.
- [11] Mednikov E.P. Turbulentnyj perenos i osazhdenie ajerozolej. – М.: Nauka, 1980. – 176s.
- [12] Voloshhuk V.M., Sedunov Ju.S. Processy koaguljacie v dispersnyh sistemah. – L.: Gidrometizdat , 1975. – 157s.
- [13] Torobin L.B., Gauvin W.N. Multiparticle behaviour in turbulent fluids //Canad. J. Chem. Eng. – 1961. – Vol. 39, №2. – P.113-120.
- [14] Babuha G.L., Shrajber A. A. Vzaimodejstvie chastic polidispersnogo materiala v dvuhfaznyh potokah. – Kiev: Naukova dumka, 1972. – 175s.
- [15] Barenblatt G. I. O dvizhenii vzveshennyh chastic v turbulentnom potoke //Prikl. mat. i meh. – 1953. – t. 17, №3. – S. 261–274.
- [16] Mednikov E.P. Akusticheskaja koaguljacija i osazhdenie ajerozolej. – М.:AN SSSR, 1963. – 264s.
- [18] Uzhov V.N., Val'dberg A.Ju. Podgotovka promyshlennyh gazov k ochistke. – М.: Himija, 1975. – 216s.
- [19] Balabekov, M.O. Metodologija jekologicheskoy modernizacii tehnologicheskogo oborudovanija na primere sushil'nogo barabannogo agregata. dis. ...kand.tehn.nauk: 25.00.36: zashhishhena 18.11.2010: utv. 21.12.2011 / Balabekov Madi Orazalyuly. – Taraz, 2010. – 300s.
- [20] Altuhov, A.V. Sistemno-pojelementnaja metodologija issledovanija i rascheta jekologicheskogo sovershennogo agregata / A.V. Altuhov, M.O. Balabekov //Materiály IX mezinárodnívědecko – praktická konference «Vědeckýpokrokná přelomutysyachalety – 2013». - Díl 38. Technické vědy: Praha. PublishingHouse «Education and Science». -2013 – S. 41-46.
- [21] Dzjubenko, B.F. Intensifikacija teplo- i massoobmena na makro-, mikro – i nanomasshtabah / B.F. Dzjubenko [i dr.]. –М.: ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2008. -532с.

А.Н. Исаева, Б.Н. Корманбаев, А.А. Волненко, Д.К. Жумадуллаев
М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
e.mail: nii_mm@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖАБДЫҚТЫ ЗЕРТТЕУДІҢ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МОДЕРНИЗАЦИЯЛАУДЫҢ ЖҮЙЕЛІК-ЭЛЕМЕНТТІК ӘДІСНАМАСЫН ӘЗІРЛЕУ

Андатпа. Технологиялық процестерді талдау, есептеу, оңтайлы жобалау және басқару мәселелерін шешу үшін жүйелік-элементтік әдістеме қуатты жүйелік-логикалық және формальды-математикалық аппарат болып табылады. Бұл әдіс көп фазалы турбулентті ағындардағы коагуляция және тұндыру процестерін сипаттау үшін жасалды. Жүйелік талдау тұрғысынан ол үш кезеңді қамтиды: физика-химиялық жүйенің (ФХЖ) құрылымын сапалы талдау; физика-химиялық әсерлердің функционалдық схемасының құрылымын синтездеу; эксперименттік деректер бойынша жүйенің параметрлерін сәйкестендіру және бағалау. Физика-химиялық әсерлер мен құбылыстардың жиынтығын қарастыра отырып, алты түрі бөлінді - молекулалық деңгейдегі құбылыстардан аппараттағы гидродинамикалық жағдайды анықтайтын процестер жиынтығына дейін. Жалпы жағдайға жақын, болашақта экологиялық таза агрегатты құруға арналған және проблеманы тұжырымдаудан бастап, бастапқы деректерді таңдаудан бастап, жобалау тапсырмасына дейін 10 кезеңнен тұратын жүйелік-элементтік әдістеме ұсынылды. Біз технологиялық жабдықты зерттеудің және экологиялық модернизациялаудың жетілдірілген жүйелік-элементтік әдістемесін ұсындық, оның кезеңдері белгілі бір процестің ерекшелігін сипаттамайды, бірақ сонымен бірге зерттеулердің тұтастығы мен логикалық дәйектілігін көрсетеді.

Негізгі сөздер: жүйелік талдау, жүйелік элемент әдістемесі, кезеңдері, зерттеу, экологиялық модернизация, коагуляция процесі, тұндыру процесі, кептіру процесі.

A.N. Issayeva, B.N. Korganbayev, A.A. Volnenko, D.K. Zhumadullayev
South Kazakhstan university after named M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan
e.mail: nii_mm@mail.ru

DEVELOPMENT OF A SYSTEM-ELEMENT METHODOLOGY FOR RESEARCH AND ENVIRONMENTAL MODERNIZATION OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

Abstract. For solving problems of analysis, calculation, optimal design and control of technological processes, a powerful system-logical and formal-mathematical apparatus is the system-element methodology. This methodology has been developed to describe the processes of coagulation and sedimentation in multiphase turbulent flows. From the standpoint of systems analysis, it includes three stages: qualitative analysis of the structure of the physicochemical system (PCS); synthesis of the structure of the functional diagram of physical and chemical effects; identification and evaluation of system parameters based on experimental data. Considering the totality of physicochemical effects and phenomena, six types were identified - from phenomena at the molecular level to the totality of processes that determine the hydrodynamic situation in the apparatus as a whole. Approximately to the general case, in the future, a system-element methodology was proposed, designed to create an ecologically perfect unit and including 10 stages, starting with the formulation of the problem and the choice of initial data and ending with the design task. We have proposed a more advanced system-element methodology for research and environmental modernization of technological equipment, the stages of which do not describe the specifics of a particular process, but at the same time reflect the integrity and logical sequence of the research.

Keywords: system analysis, system-element methodology, stages, research, environmental modernization, coagulation process, sedimentation process, drying process.