

УДК 378:[579+663/664] (Высшее профессиональное образование. Педагогика высшей школы. Микробиология. Биохимия, физиология, морфология, цитология, генетика, экология микроорганизмов. Прикладная микро-биология (медицинская, ветеринарная, санитарная, космическая, сельскохозяйственная, промышленная и химическая, пищевая, водная микробиология. Пищевая промышленность (в целом). Пищевые производства)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАК ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОЕ УПОРЯДОЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ (МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ)

© 2018 О.Н.Чечина

Ольга Николаевна Чечина, доктор химических наук, профессор кафедры технологии пищевых производств и биотехнологии. E-mail: chechinao@yandex.ru

Самарский государственный технический университет. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 07.05.2018

Среди химических предприятий, производства биотехнологии отличаются применением микробиологических продуцентов, предъявляющих особые требования к организации процесса, качеству воды и другого сырья. Проектирование этих производств должно предусматривать все аспекты для обеспечения жизнестойкости и активности применяемых микроорганизмов-продуцентов, а также технологию подготовительных, заключительных операций и самой ферментации. Проектирование учитывает как приёмы выбора проектных решений, так и расчётную проверку оборудования и техникоэкономических показателей.

Ключевые слова: биотехнология; микробиологические производства; качество продуцентов и воды, технологический режим, аппаратурно-технологическая схема, ферментатор, конструктивный и энергетический расчёт, электролиз, строительное проектирование, выбор проектных решений.

В глобальной системе потоков и взаимных превращений энергии и вещества проектированию, как рукотворному процессу, принадлежит особое место. Этот процесс является обобщением всестороннего накопления информации о состоянии и актуальных проблемах конкретной производственной деятельности человека по созданию реальных творений, способных производить необходимые человеку продукты и предметы. Этот процесс сложен и трудоёмок. Поэтому, несмотря на ряд установленных правил его осуществления, которые позволяют использовать, в том числе, формализованные методы, человеческий фактор является определяющим. Достижение положительного результата в виде оформленной проектной документации с указанием всех количественных оценок проекта возможно лишь в результате значительных творческих усилий всех исполнителей отдельных частей проекта и его руководителей.

Предпосылки. Для выполнения любой работы предполагается сочетание необходимости и возможности (с некоторой долей риска, которую каждый исполнитель позволяет себе индивидуально). Прежде всего, оценивают целесообразность организации производства, как по ассортименту продукции, так и по региону строительства. Оце-

нивают спрос на продукцию, близость к источникам сырья и электроэнергии, обеспеченность кадрами соответствующей квалификации, а также возможность кооперации производства с другими смежными предприятиями и комплексное использование сырья. Оценивают перспективы развития.

Итак, необходимы соответствующие организационные структуры, а также необходимы правила, стандарты [1; 2], без этого проектирование невозможно, оно «повиснет в воздухе». Далее требуется большая информация о теоретических основах и практических аспектах данного производства. Теоретические предпосылки делят на две группы. К первой относят сведения о химическом составе, строении и свойствах всех участвующих в производстве химических веществ, а также продуцентов. Значение имеют сведения о способах получения и очистки веществ, а также о способах хранения и поддержания технологических характеристик продуцентов [3]. К этой же группе относят все сведения о химических и биологических свойствах веществ в нормальном состоянии и в стандартных условиях.

Ко второй группе относят все сведения о поведении химических и микробиологических систем в производственных процессах, то есть – в дина-

мике производства. Имеют значение влияние различных факторов – температуры, распределение концентрационных и энергетических полей, наличие сопутствующих и специально вводимых компонентов. Все эти динамические свойства систем описывают с применением математических уравнений – детерминированных (специфических для системы [4]) и недетерминированных, подчиняющихся эмпирическим уравнениям [5]. Все кинетические уравнения необходимы в производственных условиях для создания систем контроля и регулирования технологического режима и даже прогнозирования возможных особенностей, в том числе, нарушений технологического процесса.

Все необходимые сведения получают путём тщательного анализа литературных сведений по монографиям и периодической научной печати, с описанием результатов научных исследований. При этом особое значение придаётся глубине литературного поиска и патентного поиска, который рекомендуют примерно в 10 лет.

Большое значение имеет предварительный лабораторный эксперимент, где уточняются некоторые параметры производства.

Процесс творчества. Помимо интуиции и опыта проектировщика сформулированы специальные приёмы выбора и обоснования проектных решений по всем необходимым критериям оптимальности – себестоимости, энергетических расходов, комплексности переработки сырья, экологичности, безопасности условий труда, долговечности конструкции в условиях эксплуатации, минимальной требуемой производственной площади и т.д.

Простой и распространённый метод заключается в составлении матрицы предпочтений. На первом этапе выбирают критерии оптимизации и вначале попарно проводят сравнение их значимости. Составляют матрицу, где сравнивают по значимости каждый критерий (по вертикали) с каждым другим (по горизонтали) и оценку значимости выставляют по двухбалльной системе 0 и 1. Суммируют количество баллов, набранное каждым критерием и, таким образом распределяют их по значимости. Исключают самые незначимые критерии и после этого все варианты выбираемого проектного решения (например, конструкция аппарата) оценивают по столбальной шкале по каждому критерию. Перемножением этой оценки на значимость получают общее число баллов для каждого варианта. Складывают все баллы варианта и находят суммарную оценку в баллах этого варианта (так же, как и других). Для проекта выбирают вариант набравший максимальное число баллов [6].

С применением вычислительной техники (ВТ) [7] возможен полный расчёт всех вещественных потоков всей технологической цепочки аппаратов. Для этого составляют балансы по элементам и по веществам для каждого технологического узла и затем решают систему уравнений со многими неизвестными. В методике расчёта учитывают структуру технологических потоков – линейные схемы, схемы с разветвлениями в начале и в конце, схемы с оборотами.

Разработаны также приёмы выбора оптимальных числовых характеристик. Рассчитывают количество одинаковых элементов технологической схемы (группы объектов технологической схемы) или детали, например, толщины стенки аппарата. В этом случае решается задача с двумя-тремя неизвестными величинами, которые зависят одна от другой. Если в задаче присутствует некая величина, заведомо точно известная, значение которой не определяют, то получают задачу с двумя неизвестными.

Этот приём используют в двух вариантах – как *расчётно-графический* и как *запрограммированный итерационный* [7] с применением ВТ. В первом случае задаются двумя возможными значениями одного из взаимно зависящих конструктивных параметров, от которого зависит другой фактор. Выбранные значения заведомо должны быть одно – больше, а второе – меньше ожидаемого. С этими двумя значениями по два раза рассчитывают вторую неизвестную величину. (В расчёте известно третьё, которым мы «задались»). На листе миллиметровой бумаги с выбранными оптимальными координатами наносят обе выбранные величины и рассчитанные из них значения второй. После этого строят два графика по двум точкам. Точка пересечения показывает искомые величины [8].

В случае, когда нельзя сделать достаточно надёжное предположение о третьей величине, приходят к задаче с *тремя* неизвестными величинами. Тогда целесообразно делать программированный расчёт с применением ВТ. В программе предусматривают градиентное изменение одной из величин, от которой зависит и первая и третья. Последние рассчитывают при разных значениях второй до достижения требуемой точности совпадения двух значений определяемых величин при двух значениях поградиентно изменяемой величины 2. Выходными параметрами программы являются три величины, в числе которых и та, которую постепенно (поградиентно) изменяли для вычисления первой и третьей. Метод называется *итерационным* (метод приближения, итерации).

Перечисленными и другими способами проводят выбор проектных решений по методу произ-

водства, структуре технологической схемы [9], технологическим режимам каждой стадии, объёмно-планировочному решению цеха и производственной территории, технохимическому контролю и регулированию технологических режимов [5], по энергоснабжению, по производственной санитарии и охране труда, а также по охране окружающей среды от производственных выбросов.

Результаты и их оценка. Выбор проектных решений – как по технологической части проекта (типы аппаратов, структура технологической схемы [10] (метод производства) и др.), так и по строительной, является лишь первым этапом проектирования. Второй этап заключается в проверочных расчётах оборудования и техникоэкономической оценке проекта [6].

В проверочных расчётах оборудования, прежде всего, рассчитывают необходимое количество выбранных типов аппаратов. Для этого учитывают календарный фонд времени и график работы аппарата, а также его степень загруженности с учётом времени, отводимого на ремонт. Затем проверяют соответствие заданной производительности тем параметрам аппарата, от которых она зависит. Так называемые *технологически определяемые параметры* являются главной целью проверочного технологического расчёта. Что касается микробиологического производства, главными параметрами аппаратов – ферментаторов являются геометрические размеры и рабочий объём [11–15]. Нельзя забывать, что, кроме вещественных потоков рассчитывают и энергетические – тепловые. Материальный вещественный расчёт неотделим от энергетического, так как в процессе ферментации выделяется теплота. Тепловой эффект реакции и его связь с выходом продуктов метаболизма и побочных продуктов рассчитывают по специальным формулам. Соответственно необходимы расчёты теплотерь в окружающую среду, приход тепла от перемешивающего устройства (если таковое имеется). Затем рассчитывают технологические параметры и производительность охлаждающего устройства [7].

В микробиологических производствах кроме основных аппаратов – ферментаторов используют и оборудование общего назначения – насосы, вентиляторы, отстойники, мельницы, фильтры и другие [16; 17]. Эти аппараты выбирают исключительно по каталогам заводов-изготовителей и проверочного расчёта технологических параметров не делают. Проверочный расчёт здесь заключается в определении соответствия производительности и

количества однотипных аппаратов с учётом допустимой загруженности из соображений необходимости регулярного профилактического ремонта, а также с учётом занимаемой в производственном помещении площади и объёма [18].

В современных условиях дальнейший прогресс биотехнологической промышленности немислим без применения электрохимического метода для активирования продуцентов и, особенно, воды [99]. Поэтому проектировщик обязан также владеть методикой расчёта электрохимического оборудования – параметров электролизёра (количество и схемы соединения электродов) и выбором источником постоянного тока с соответствующими токопроводами и контрольно-регулирующими устройствами.

Важной составной частью проекта является компоновка оборудования – определение необходимой площади и взаимного расположения аппаратов. Эту часть проекта выполняют при строгом соблюдении соответствующих отраслевых стандартов [2; 18], которые учитывают и тип установки (подвесная, напольная и пр.), и характер его обслуживания и характер транспортных связей с другими аппаратами. Но место любого такого вспомогательного аппарата в технологической схеме проектировщик-технолог определяет самостоятельно в соответствии с тем, какую технологическую схему он предусматривает и каковы особенности конкретных санитарных и других «местных» условий.

Важнейшим заключительным, финальным расчётом проекта является оценка его техникоэкономических показателей. Каждый выбранный предполагаемый вариант технологической схемы [6] оценивают отдельно. Все варианты сравнивают по определённым критериям. Важнейшим всеобщим критерием является себестоимость продукта. Себестоимость единицы продукции это «денежные» расходы. Они складываются с учётом расходов на сырьё, на приобретение оборудования и строительство зданий и сооружений, энергетические расходы, заработную плату основных производственных рабочих, ИТР, а также обслуживающего персонала, расходы на охрану здоровья работников предприятия и природоохранные мероприятия и другие. Но для ряда микробиологических производств – производство продуктов питания, медицинских препаратов и других, жизненно необходимейших человеку веществ необходимо принимать во внимание только рентабельность – «денежную» оценку потребности в

данном продукте данного качества за вычетом расходов на производство единицы продукции.

В настоящее время процесс проектирования всё в большей мере автоматизирован с применением САПР, в том числе, с применением автоматизированной компоновки аппаратурно-технологических схем, например, в системе КОМПАС. Однако, роль личностного фактора, который

и определяет прогресс в этом виде деятельности, всё больше усиливается. Поэтому необходима активная работа в улучшении условий труда и в повышении качества подготовки инженеров-проектировщиков. Для этого в учебный процесс необходимо привлекать наиболее квалифицированных специалистов.

1. Бирюков В.В. Основы промышленной биотехнологии: учеб. пособие для вузов. М., КОЛОСС, 2004. 296 с.
2. Ведомственные строительные нормы. ВСН 64-064-88: http://snipov.net/database/c_4294956049_doc_4293829269.html
3. Чечина О.Н. Общая биотехнология: учебное пособие. Самара, Самар. гос. техн. ун-т, 2010. 232 с.
4. Винаров А.Д., Быков В.А., Шерстобитов В.В. Расчёт процессов микробиологических производств. Киев, Техника, 1985. 246 с.
5. Чечина О.Н., Надилов К.С., Сейдалиева Г.Т. Математические методы в электрохимии и биотехнологии: учебное пособие для студентов спец. 12.01 и 39.03. Алматы, РИК, 2001. 100 с.
6. Чечина О.Н. Основы проектирования электрохимических производств: учебное пособие. Шымкент, Казахский химико-технологический институт, 1993. 112 с.
7. Основы проектирования и оборудование предприятий биотехнологической промышленности: сборник задач / сост. О.Н. Чечина. Самара, Самар. гос. техн. ун-т, 2012. 260 с.
8. Федотьев Н.П., Алабышев А.Ф., Ротинян А.Л. Прикладная электрохимия. М., Госхимиздат, 1962. 600 с.
9. Чечина О.Н. Биотехнологические основы пищевых производств и их проблемы (методические основы обучения специалистов в вузе) // Известия Самарского научного центра РАН. Социальные, гуманитарные и медико-биологические науки. Том 19, №3, 2017.С. 121–124.
10. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. М., Химия, 1965. 447 с.
11. Грачёва И.М., Калунянц К.А., Кестельман В.Н., Петрова Н.М. Технологическое проектирование предприятий ферментной промышленности. М., Пищ. Промышленность, 1973. 288 с.
12. Бортников И.И., Баенко А.М. Машины и аппараты микробиологических производств: учебное пособие для технологических вузов. М., Высшая школа, 1982. 288 с.
13. Оборудование микробиологических производств / К.А. Калунянц, Л.И. Гомер, Е.Е. Балашов. М., Агропромиздат, 1987. 398 с.
14. Саруханов А.В., Быков В.А. Оборудование микробиологических производств: справочник. М., Колос, 1993. 384 с.
15. Винаров А.Ю., Гордеев Л.С., Кухаренко А.А., Панфилов В.И. Ферментационные аппараты для процессов микробиологического синтеза / под ред. В.А. Быкова. М., ДеЛиПринт, 2005. 279 с.
16. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: в 2-х кн. / В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носков. М., Логос, Высшая школа, 2003.
17. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др.; под ред. Ю.И. Дытнерского, 5-е изд., стереотипное. М., ООО Издательский дом «Альянс», 2010. 496 с.
18. Макаревич В.А. Строительное проектирование химических предприятий. М., Высшая школа, 1972. 205 с.

DESIGN AS PURPOSEFUL STREAMLINING OF INFORMATION (METHODOLOGICAL ASPECT)

© 2018 O.N. Chechina

Olga N. Chechina, doctor of chemistry sciences, professor of the Chair of Food Production Technology and Perfumery-Cosmetic Products. E-mail: chechinao@yandex.ru

Samara State Technical University. Samara, Russia

Among the chemical companies, biotechnology production differ in the use of microbiological products that have special requirements for the organization of the process, the quality of water and other raw materials. Designing these production should involve all aspects to ensure the viability and activity of microorganisms-products, as well as Roman technology, sequel operations and the fermentation itself. Design takes into account both prim selection of project solutions, and design verification of equipment and economic indicators.

Key words: biotechnologies; microbiological productions; quality of products and water, technological mode, apparatus-technological scheme, fermentation, and constructively energetic calculation, electrolysis, walk designing, choice of the project of decisions.

1. Biryukov V.V. *Osnovy` promy`shlennoj biotexnologii (Bases of industrial biotechnology): ucheb. posobie dlya vuzov.* M., KOLOSS, 2004. 296 s.
2. *Vedomstvenny`e stroitel`ny`e normy` (Departmental building codes).* VSN 64-064-88: http://snipov.net/database/c_4294956049_doc_4293829269.html
3. Chechina O.N. *Obshhaya biotexnologiya (General biotechnology): uchebnoe posobie.* Samara, Samar. gos. texn. un-t, 2010. 232 s.
4. Vinarov A.D., By`kov V.A., Sherstobitov V.V. *Raschyot processov mikrobiologicheskix proizvodstv (Calculation of microbiological production processes).* Kiev, Tekhnika, 1985. 246 s.
5. Chechina O.N., Nadirov K.S., Sejdaliev G.T. *Matematicheskie metody` v e`lektroximii i biotexnologii (Mathematical methods in electrochemistry and biotechnology): uchebnoe posobie dlya studentov specz. 12.01 i 39.03.* Almaty`, RIK, 2001. 100 s.
6. Chechina O.N. *Osnovy` proektirovaniya e`lektroximicheskix proizvodstv (Fundamentals of design of electrochemical production): uchebnoe posobie.* Shy`mkent, Kazaxskij ximiko-texnologicheskij institut, 1993. 112 s.
7. *Osnovy` proektirovaniya i oborudovanie predpriyatij biotexnologicheskoy promy`shlennosti (Fundamentals of design and equipment of the biotechnology industry): sbornik zadach / sost. O.N. Chechina.* Samara, Samar. gos. texn. un-t, 2012. 260 s.
8. Fedot`ev N.P., Alaby`shev A.F., Rotinyan A.L. *Prikladnaya e`lektroximiya (Applied electrochemistry).* M., Gosximizdat, 1962. 600 s.
9. Chechina O.N. *Biotexnologicheskie osnovy` pishhev`x proizvodstv i ix problemy` (metodicheskie osnovy` obucheniya specialistov v vuze) (Biotechnological bases of food production and their problems (methodical bases of training of specialists at the University)).* *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. Social`ny`e, gumanitarny`e i mediko-biologicheskie nauki.* Tom 19, №3, 2017.S. 121–124.
10. Kafarov V.V. *Metody` kibernetiki v ximii i ximicheskoy texnologii (Methods of Cybernetics in chemistry and chemical technology).* M., Ximiya, 1965. 447 s.
11. Grachyova I.M., Kalunyancz K.A., Kestel`man V.N., Petrova N.M. *Texnologicheskoe proektirovanie predpriyatij fermentnoj promy`shlennosti (Technological design of the enterprises of the enzyme industry).* M., Pishh. Promy`shlennost`, 1973. 288 s.
12. Bortnikov I.I., Baenko A.M. *Mashiny` i apparaty` mikrobiologicheskix proizvodstv (Machines and apparatus of microbiological production): uchebnoe posobie dlya texnologicheskix vuzov.* M., Vy`sshaya shkola, 1982. 288 s.
13. *Oborudovanie mikrobiologicheskix proizvodstv (Equipment for microbiological productions) / K.A. Kalunyancz, L.I. Gomer, E.E. Balashov.* M., Agropromizdat, 1987. 398 s.
14. Saruxanov A.V., By`kov V.A., *Oborudovanie mikrobiologicheskix proizvodstv (Equipment for microbiological productions): spravochnik.* M, Kolos, 1993. 384 s.
15. Vinarov A.Yu., Gordeev L.S., Kuxarenko A.A., Panfilov V.I. *Fermentacionny`e apparaty` dlya processov mikrobiologicheskogo sinteza (Fermentation apparatus for processes of microbiological synthesis) / pod red. V.A. By`kova.* M., DeLiPrint, 2005. 279 s.
16. *Obshhij kurs processov i apparatov ximicheskoy texnologii (General course of processes and apparatus of chemical technology): v 2-x kn. / V.G. Ajnshtejn, M.K. Zaxarov, G.A. Noskov.* M., Logos, Vy`sshaya shkola, 2003.
17. *Osnovny`e processy` i apparaty` ximicheskoy texnologii (Basic processes and apparatus of chemical technology): posobie po proektirovaniyu / G.S. Borisov, V.P. Bry`kov, Yu.I. Dy`tnerskij i dr.; pod red. Yu.I. Dy`tnerskogo, 5-e izd., stereotipnoe.* M., OOO Izdatel`skij dom «Al`yans», 2010. 496 s.
18. Makarevich V.A. *Stroitel`noe proektirovanie ximicheskix predpriyatij (Construction design of chemical enterprises).* M., Vy`sshaya shkola, 1972. 205 s.