

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОТОКИ ПРОИЗВОДСТВА СЫРОВ: АНАЛИЗ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

М.П. Щетинин

Алтайский государственный технический университет им И.И. Ползунова, г. Барнаул

Как известно [1], под системой понимают упорядоченное множество элементов, взаимосвязанных между собой и образующих некоторое целостное единство, свойства которого больше суммы свойств составляющих его элементов.

Рассматривая технологическую систему переработки молока в сыр, обнаруживаем, что она представляет собой непрерывную цепочку технологических и транспортных процессов, то есть технологический поток.

Системный анализ технологического потока предполагает:

- исследование строения технологического потока;
- исследование морфологии технологических операций;
- анализ и формулирование перспективных направлений развития технологического потока.

Так как деление системы на элементы (подсистемы) условно, можно предположить, что технологическая система производства твердых сычужных сыров состоит из четырех подсистем:

«D» – приемка, хранение и подготовка сырья, включая его очистку от механических примесей, созревание, нормализацию по жиру и тепловую обработку;

«C» – приготовление сырного зерна, включая приготовление жидкой бактериальной закваски, свертывание молока и образование сгустка, обработку сгустка и сырного зерна;

«B» – формование и прессование сырной массы с целью образования монолита, придание ему определенной формы и усиление выделения сыворотки из межзернового пространства;

«A» – созревание сыра и выход готового продукта, включая посолку, различные приемы и методы ухода за сыром.

В отличие от твердых, система производства плавленых сыров состоит из трех подсистем:

«C» – подготовка сырья, включающая операции его подбора, удаления покрытий и загрязнений, измельчение;

«B» – приготовление плавленого сыра, включающая операции составления смеси (или дозирования компонентов), созревания, плавления и фасования;

«A» – хранение, включая дополнительную обработку (например, копчение), охлаждение, формование укрупненных грузовых единиц для хранения и реализации.

Выход каждой из подсистем оценивался контролируемыми параметрами и допусками на эти параметры, предусмотренными соответствующими технологическими инструкциями.

Для каждой подсистемы на основе экспериментальных данных вычисляют вероятность (P) попадания случайной величины в допустимый интервал значений, информационную энтропию (H_i) и стабильность (η_i). Затем определяется уровень целостности системы [1, 2].

$$\theta = \sum_{i=1}^{i=L} \eta_i - (L - 1),$$

где L – количество подсистем.

Компонуют в графической и табличной форме операторные модели каждой из подсистем, затем экспертным путем определяют уровни развития каждой из операций (У_т – количественный и У_о – относительный).

Что касается морфологии технологических операций, то предлагают четыре класса операций в зависимости от комбинации технологического и транспортного процессов [2, 3]. Так, к I классу относятся операции дискретные, когда технологический процесс не может начаться до окончания транспортного и наоборот. II класс операций характеризуется полным совпадением транспортного и технологического процессов. Для операций III и IV классов не существует зависимости между технологической и транспортной скоростью, что позволяет синтезировать технологические системы практически неограниченной производительности.

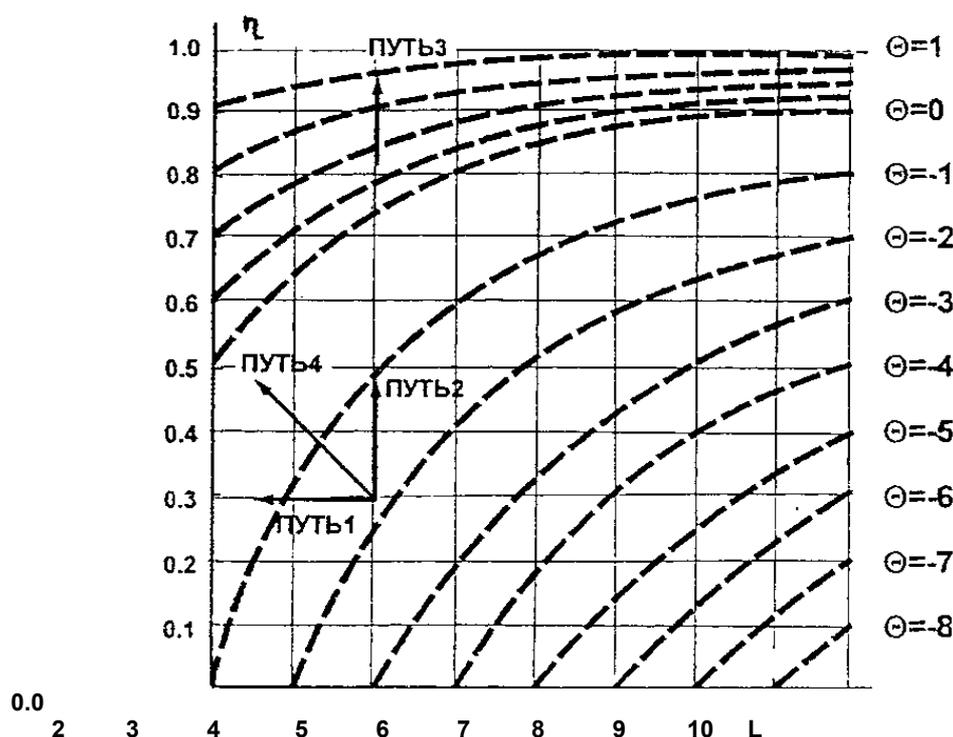


Рисунок 1 – Зависимость целостности систем Θ от средней стабильности подсистем η и их количества L

На рисунке 1 представляющем собой фрагмент теоретической модели развития технологических систем область выше линии $\Theta = 0$ – это область целостных систем [4,5]. Линия $\Theta = 1$ – недостижимая в практике идеально организованная система. Область ниже линии $\Theta = 0$ – область плохо организованных (суммативных) систем. Стрелками показаны направления путей развития системы.

Из приведенного рисунка следует, что развитие технологической линии как системы процессов, т.е. переход от низшего уровня целостности к высшему, возможен как сокра-

щением числа подсистем в системе (путь 1 – совершенствование структуры), так и модернизацией процессов в подсистемах (путь 2 – совершенствование элементов). Работы по автоматизации поточной линии (путь 3 – совершенствование связей) имеют смысл, если совокупность процессов в машинах и аппаратах представляет собой целостную систему ($\Theta > 0$). Поэтому величина целостности может служить и показателем готовности системы к приему средств автоматизации.

Таблица 1 – Результаты диагностики различных видов сыров

Вид сыра	Стабильность подсистем				Уровень целостности системы
	A	B	C	D	
Советский	0,32	0,06	0,71	0,67	-1,24
«Витязь»	0,21	0,24	0,50	0,67	-1,38
«Богатырь»	0,44	0,32	0,71	0,67	-0,86
Плавленый колбасный	0,44	0,43	0,43	-	-0,70
Плавленый «Невский»	0,50	0,53	0,53	-	-0,44

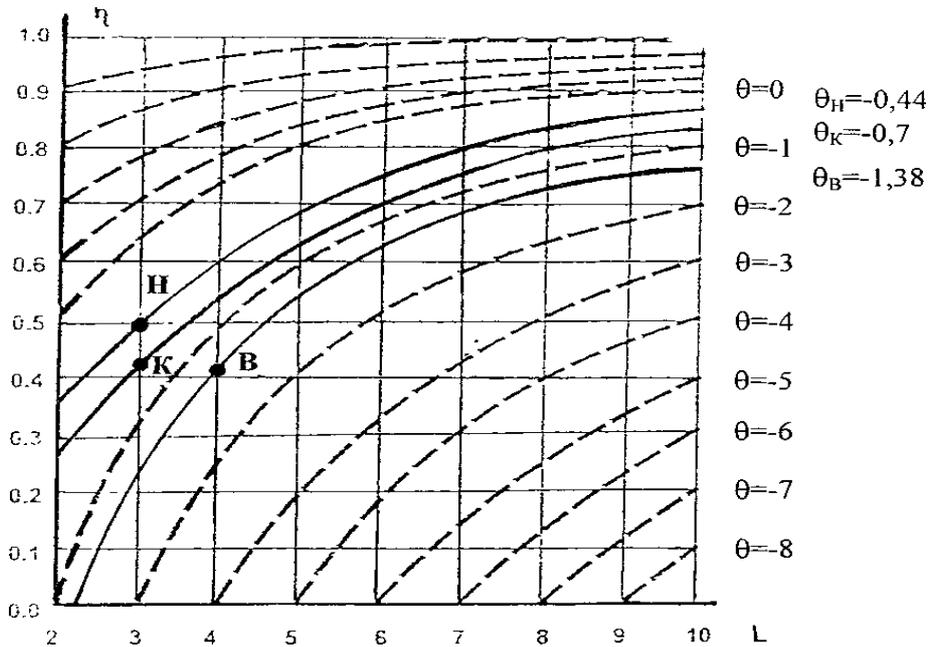


Рисунок 2 – Зависимость целостности систем Θ от средней стабильности подсистем η и их количества L

Путь 4 есть комбинация вышеперечисленных направлений развития системы. Полученные в результате экспериментов данные приведены в таблице 1 и на рисунке 2. Уровень целостности всех без исключения систем низок и расположен в области суммативных систем, что говорит о необходимости пересмотра существующих технологий и машинно-аппаратурных схем. Для технологического потока производства советского сыра наиболее низкий уровень стабильности (0,06) в подсистеме В (формование и прессование сырной массы). Это связано с тем, что формование и прессование советского сыра проводятся раздельно, требуют нескольких перепрессовок, значительных затрат физического труда и этим достигается только образование замкнутой корки, качество которой оценивается субъективно. Контролируемые параметры определяются в конце прессования и целиком зависят от качества исходного молока, активности заквасок, молокозвертывающих препаратов и режимов обработки сгустка в ванне.

Несколько более высокий уровень стабильности (0,32) в подсистеме А (созревания сыра и выхода готового продукта). Такой показатель подсистемы в целом объясняется, в первую очередь, большой продолжительностью, сильным влиянием других подсистем (С и В) и низким уровнем механизации. Сыры

вручную укладывают в контейнеры для посолки, перекадывают из них в контейнеры для созревания, несколько раз переворачивают и т.д.

Самая высокая стабильность (0,71) в подсистеме С (приготовление сырного зерна). Это достигается проведением всех технологических операций в одном аппарате, качеством применяемых заквасок и мастерством сыродела.

Для технологического потока сыра «Витязь» распределение величин уровней стабильности подсистем имеет тот же характер, что и для технологического потока производства советского сыра, наиболее низкий уровень стабильности сложился в подсистемах А и В (0,21 и 0,24 соответственно).

Как в первом, так и во втором случае подсистема D (приемка, хранение и подготовка сырья) имеет уровень значимости 0,67, что объясняется более высоким классом точности технологического процесса.

Уровень (целостности технологической системы производства сыра «Богатырь» оказался достаточно высоким, хотя и находится в зоне суммативных систем, но предельно близко к линии $\Theta = 0.0$. Наиболее низкий уровень стабильности в подсистеме В (формование и прессование). Это связано с тем, что распределение сырной массы не автоматизировано,

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОТОКИ ПРОИЗВОДСТВА СЫРОВ: АНАЛИЗ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

ее потоки регулируются мастером вручную посредством кранов и контролируются визуально. Во-вторых, контроль pH в сыре выполняется после распрессовки, когда уже нельзя повлиять на этот показатель. Регулирование нарастания кислотности возможно за счет охлаждения сыра на второй стадии прессования (процедура обязательная по технологической инструкции), но момент начала охлаждения и его продолжительность задаются мастером интуитивно.

Уровень целостности этой технологической системы существенно превышает аналогичные показатели для сыров советского и «Витязь». В первом случае он увеличился с -1,24 до -0,96, то есть на величину 0,28, во втором на 0,42.

В сравнении с технологическим потоком производства натуральных сыров для плавленых имеем значительное повышение уровня целостности системы. Например, для технологического потока сыра «Витязь» целостность системы оценивается $\Theta = -1,38$, тогда как для плавленых сыров она колеблется от 0,7 до -0,44, т.е. в два-три раза выше, что свидетельствует о более высоком уровне организации, способности к дальнейшему совершенствованию. Это обусловлено целым рядом обстоятельств: не сравнимая по времени продолжительность цикла; полный контроль состава сырья и предсказуемость результата (потребительских свойств продукта); значительно меньшее число элементов системы (таблица 2), как то: операторов – 10-13 против 18, а процессов – 40 против 113.

Таблица 2 – Количество элементов системы

Вид сыра	Подсистема							
	D		C		B		A	
	оператор	процесс	оператор	процесс	оператор	процесс	оператор	процесс
Советский	3	15	4	33	10	73	15	51
«Витязь»	3	15	4	33	6	40	5	25
«Богатырь»	3	15	4	33	3	9	7	33
Плавленый колбасный	-	-	7	36	3	12	3	7
Плавленый «Невский»	-	-	6	26	3	11	1	3

Таблица 3 – Результаты расчета уровней развития операций в подсистемах

Вид сыра	Подсистема								Комплекс	
	A		B		C		D			
	Ут	Уо	Ут	Уо	Ут	Уо	Ут	Уо	Ут	Уо
Советский	2,42	0,48	2,17	0,43	2,54	0,51	2,47	0,49	2,04	0,48
«Витязь»	2,28	0,46	2,1	0,42	2,45	0,49	2,47	0,49	2,25	0,45
«Богатырь»	2,50	0,50	2,60	0,56	2,54	0,51	2,47	0,49	2,53	0,51
Плавленый колбасный	2,50	0,50	2,00	0,40	2,08	0,42	-	-	2,19	0,44
Плавленый «Невский»	3,00	0,60	2,70	0,53	2,05	0,41	-	-	2,43	0,49

Что касается уровней развития технологических операций (таблица 3), то они приблизительно одинаковые (U_0 для системы сыра «Витязь» равно 0,45, для плавленых сыров $U_0=0,44\dots 0,49$), что свидетельствует об одинаковом качестве и применяемых средствах контроля и регулирования технологических процессов.

В результате проведенных исследований обнаружено, что в технологический комплект производства натуральных сыров входит:

- оборудование, реализующее целый, более или менее значительный участок технологического потока;
- оборудование, выполняющее одну единственную операцию;
- оборудование, которое не выполняет никаких технологических функций.

Оборудование первой группы имеет самые высокие относительные показатели U_0 (около 0,5 и выше) и возможность развития. Например, пастеризационно-охлаждающая установка укомплектованная саморазгружающимся сепаратором-молокоочистителем-нормализатором; сыроизготовитель (сыродельная ванна), укомплектованная кроме программно-временного устройства дозаторами ингредиентов с обвязкой трубопроводами и автоматическими клапанами; заквасочник, оснащенный пультом программного управления; наконец, установка для непрерывной коагуляции и производства сырного зерна. Оборудование этой группы может непосредственно включаться в технологический поток.

Оборудование второй группы имеет показатели U_0 гораздо ниже (до 0,4) и практически не имеет возможности развития, поскольку требует постоянного присутствия и физического труда рабочего. Развитие возможно за счет привлечения этого оборудования в состав какого-либо комплекса и перехода его в первую группу. Примерами такого подхода в какой-то мере может служить линия М6-ОПА, включающая машину для обсушки сыров, полуавтомат для сварки пакетов, две вакуум-упаковочные машины ВУМ-5 и конвейер; или комплект М6-АУД для вакуумной упаковки сыров в пленку с термоусадкой; или комплект Я7-ОЛН для нанесения и формирования полимерных покрытий.

Оборудование третьей группы не имеет собственного показателя U_0 . К этой группе можно отнести все промежуточные и накопительные емкости, сырные прессы, контейнеры для посолки и созревания и др. Оборудование этой группы при синтезе технологического по-

тока требует наибольших и принципиальных преобразований.

Большой интерес вызывают прессы. В таком виде, как сегодня выпускаются промышленностью вертикальные пневматические прессы Е8-ОПГ, Е8-ОПД, они действительно, кроме источника прессующего усилия ни на что не способны, хотя в какой-то мере и универсальны, поскольку пригодны для прессования сыров в формах практически любых размеров и конструкций. Развитие этого оборудования при синтезе прогрессивного технологического потока может быть в том, что пресс и форма (или формы) объединяются в одно устройство. И хотя при этом пресс теряет свою универсальность, так как такое устройство может прессовать сыры только одного размера, он приобретает существенные положительные качества технологического плана.

Примеров тому множество, от наиболее простых туннельных прессов фирмы ELGEP-Венгрия и отечественных Я7-ОПЗ, имеющих в своем составе тележку с плотно уложенными облегченными формами, до высокопроизводительных и высокомеханизированных комплексов Press-Matic, Palett-Press, Alfa-Laval-2000 и др. Но, как только появляется пресс с формами, так сразу появляется желание и возможность совместить формование и прессование в одном аппарате. Из отечественных устройств это баропресс Я7-ОБП и формовочно-прессовальный аппарат Я7-ОФП.Г. Они представляют собой ванну с установленными внутри плотно друг к другу облегченными формами из перфорированной тонколистовой стали. Формы имеют дно и крышку из того же материала. Заполнение сырным зерном осуществляется наливом. Отличие в том, что в баропрессе усилие прессования создается эластичной мембраной за счет вакуума внутри аппарата, а в другом – за счет избыточного давления в прессующих рукавных элементах, расположенных под дном устройства.

Еще более совершенными являются устройства для формования и прессования блочного сыра. Формование и прессование проводятся также в ванне (или нескольких ваннах меньших размеров): либо цельного пласта, сваренного в одном сыроизготовителе, с последующей разрезкой на блоки отпрессованного сыра, либо также всей массы одного сыроизготовителя, но в аппарате, разделенном на несколько ячеек с соответствующими будущим блокам размерами (ванна-пресс Strojbal-Чехия или отечественный Я7-ОБП.Б).

Контейнеры Т-480 и Т-547 предназначены и приспособлены исключительно для возмож-

ности эффективного применения средств механизации, как укрупненные грузовые единицы, но и посолка, и созревание сыра проходят в той среде, в которой находится контейнер, а сам он не оказывает влияния на технологический процесс.

Контейнер для созревания сыра, выполненный в виде ящика с жесткими стенками, крышками и прокладками между блоками сыра (фирмы МКТ-Финляндия для блочного эментальского сыра или Я7-ОБС.К для блочного сыра «Богатырь») создает внутри себя специфичную среду для созревания сыра, существенно отличающуюся от среды в камере созревания, препятствующую изменению формы и размеров сыра и обеспечивающую ему безмочное хранение до конца созревания. Перспективным для развития потока может оказаться разовый или оборотный контейнер-форма, в котором сыр в виде блока или суперблока проходил все стадии технологического процесса: формование – прессование – посолка – созревание с гарантированной защитой от воздействия внешней среды как физической, так и биологической.

Можно наметить следующие пути развития технологических потоков производства плавящихся сыров.

Избавиться от громоздкой подсистемы С или, по крайней мере, значительно сократить число операторов, а значит и процессоров в этой подсистеме. Существенно увеличить стабильность потока можно при условии закупки сырья у надежного изготовителя с устойчивым химическим составом и качеством, или готовить сырье на своем предприятии. Возможно, для этого разработать специальную технологию не сыра для плавления, а сырья для плавления с максимально коротким сроком созревания, массовой долей жира и рН, наиболее пригодными для выработки плавленого сыра. Либо это будет полуфабрикат из цельного молока с высокой массовой долей жира, либо из нормализованного или обезжиренного. В последнем случае возможна переработка сливок в высокожирные и непосредственное внесение их в смесь сразу

после получения, еще до кристаллизации жира и образования масла.

Примером совершенствования элементов системы может служить агрегат В2-ОПН для измельчения и плавления сыра. Как убеждают нас разработчики агрегат заменяет волчок, вальцовку и котел для плавления. Агрегат не только создает высокие санитарно-гигиенические условия производства, но и позволяет в принципе сократить число подсистем потока, объединяя в одну подсистемы В и С.

Представляется целесообразным вернуться к разработке аппаратов для непрерывного плавления.

Для фасовки и упаковки естественно применение совершенных фасовочно-упаковочных автоматов. Таким образом, весь технологический поток может быть организован на операциях II класса.

Несомненно, такой поток должен быть оснащен надежными поборами контроля и регулирования не ниже 4-го уровня и менее надежными дозаторами компонентов смеси при полном соответствии технологической и транспортной скоростей потока.

Во всем этом просматривается тенденция на определенное снижение Материальных и энергетических затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панфилов В.А. Технологические линии пищевых производств (теория технологического потока). – М.: Колос, 1993. – 288 с.
2. Щетинин М.П. Анализ технологических потоков в современном отечественно сыроделии. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1999. – 163 с.
3. Щетинин М.П. Технологическая линия производства твердых сычужных сыров. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2000. – 127 с.
4. Щетинин М.П. Основы системного анализа технологических потоков в молочной промышленности. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2002. – 99 с.
5. Щетинин М.П. Системный анализ технологических потоков производства плавленых сыров. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2004. – 129 с.