

Защита воздушного бассейна при промышленном производстве кормового белка

Air pool protection in the large-scale production of the fodder protein

Луканин А.В.

д-р техн. наук, профессор, Российский университет дружбы народов, Москва, РФ
e-mail: lukanin@bk.ru

Lukanin A.V.

Doctor of Engineering, professor, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation
e-mail: ukanin@bk.ru

Аннотация

Рассмотрена система очистки газоздушных выбросов при производстве белково-витаминных добавок. Предложены способы снижения выбросов вредных веществ на стадиях ферментации, разделения и сушки. Регенерированные туманоуловители были включены в первые два метода систем очистки, а на этапе сушки была изменена сама схема сушки с полным устранением газоздушных выбросов.

Ключевые слова: геоэкология, бытовые отходы, утилизация, кормовой белок, газоздушные выбросы.

Abstract

The cleaning system of the gas-air emissions in the protein-vitamin supplements productions are considered. Ways to reduce emissions of the harmful substances in the stages of fermentation, separation and drying were suggested. Regenerated mist eliminators were included in the first two methods of the cleaning systems and in the stage of the drying the drying scheme itself with the complete elimination of gas-air emissions was changed.

Keywords: geo-ecology, household waste, utilization, feed protein, gas-air emissions

Крупнотоннажные заводы по получению кормовых дрожжей на различных источниках сырья имеют в основном одни и те же источники организованных газоздушных выбросов – сушилки, ферментеры и сепараторы (рис. 1) [6].

Биомасса микроорганизмов при аэрогенном распространении проявляет аллергизирующее действие, вызывая бронхо-легочные патологии [1, 2].

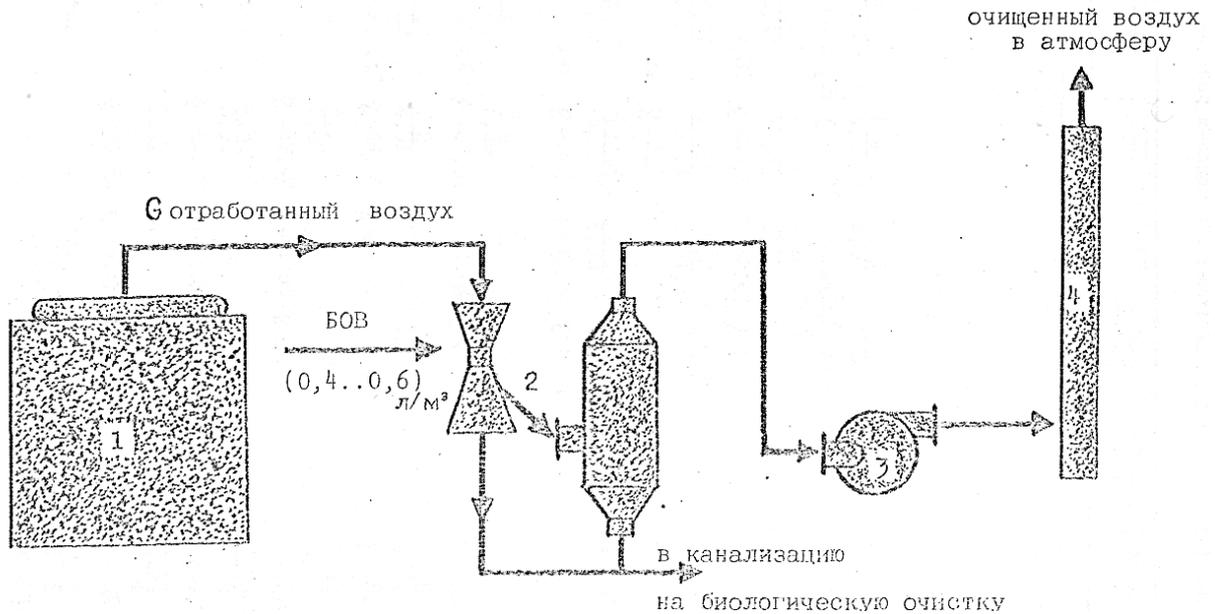


Рис. 2. Схема очистки газовоздушных выбросов ферментеров: 1 – ферментер (аспирация сепарации); 2 – скруббер Вентури; 3 – вентилятор; 4 – выбросная труба

После выпарной установки суспензия поступает на сушку, где образуется готовый продукт влажностью 10%. На крупных заводах применяют распылительные сушильные установки (СУ) СРЦ-12,5-1100, СРЦ-12,5-1500 производительностью 15 и 25 м³/час по испаренной влаге [4] (рис. 3). Суспензия поступает на центробежно-распылительный механизм (ЦРМ), где в потоке сушильного агента (СА) распыливается на капли размером до 80 мкм, при этом процесс сушки происходит за 15–30 сек. СА с температурой до 500°C поступает в верхнюю часть сушильной камеры через диспергатор, который обеспечивает его равномерное распределение в объеме.

Основное количество (80–90%) высушенных дрожжей сепарируется в конусной части сушильной камеры, а оставшая часть (мелкая фракция) с отработанным СА поступает в циклонную группу (технологическая ступень очистки). После очистки СА в санитарной ступени он выбрасывается в атмосферу.

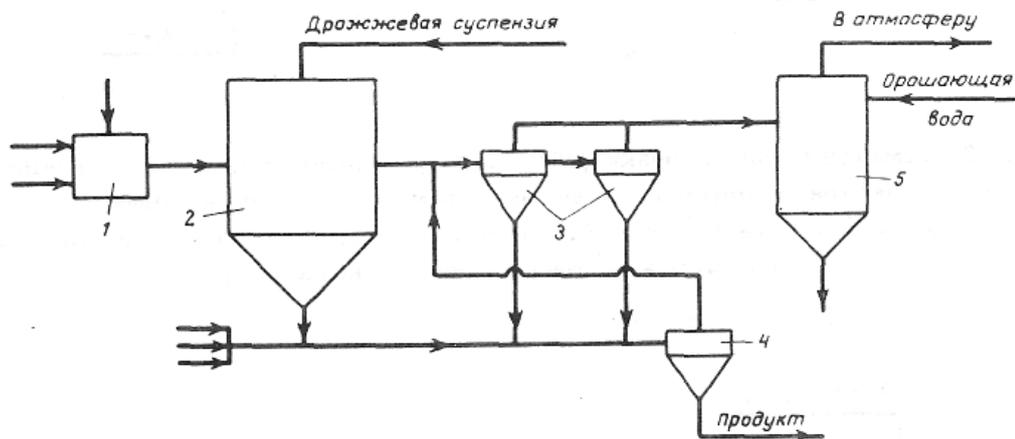


Рис. 3. Схема сушильной установки, работающая по газоконтактному способу с выбросом СА в атмосферу:
1 – топка; 2 – сушильная камера; 3 – группа циклонов; 4 – циклон-разгрузитель; 5 – аппарат мокрой очистки газов

При обследовании газоздушных выбросов (ГВВ) одним из основных объектов изучения являлся ферментер. Средние показатели СМОГ от ферментеров следующие:
– расход ГВВ 50–70 тыс.м³/час; перепад давления на СМОГ 170–280 кг/м²; плотность орошения 0,4–0,6 л/м³.

Как показывают исследования, концентрация дрожжевых клеток в ГВВ от ферментера без очистки составляет 10⁶ ...10⁷ кл/м³, а после очистки 1,2×10² - 4×10³, т.е. эффективность очистки в скрубберах Вентури составила 99,6 – 99,9% [5,7],(Патент РФ №2023719). Это практически обеспечивало ПДК в рабочей зоне 500 кл/м³.

Микроорганизмы во время культивирования выделяют продукты метаболизма в частности в виде карбоновых кислот, причем большая доля приходится на уксусную кислоту. Количество накапливаемых кислот зависит от стадии развития культуры и в стационарной фазе колеблется от 20 до 100 мг/л.

Средневзвешенная суммарная концентрации органических кислот в ГВВ составляет 7 – 14 мг/м³. Средняя концентрация оргкислот в ГВВ после очистки составляет около 5 мг/м³, что соответствует уровню ПДК для уксусной кислоты.

Наибольший вклад в ГВВ производств кормового белка вносят сушильные отделения. Средний расход сушильного агента составляет 190–250 тыс. м³/час с запыленностью 6000–10 000 мг/м³.

Был изучен гранулометрический состав дрожжевой пыли на различных участках сушильной установки, выяснено, что он следующий: из-под конуса сушилки – 49 мкм, на входе в циклоны – 26 мкм, на выходе из циклонов – 6,8 мкм, готовый продукт 45 мкм [6].

Распылительные сушилки укомплектованы циклонами. Эффективность циклонов достаточно высока, и средняя концентрация белковой пыли на выходе не превышает 400 мг/м³, при умеренном гидравлическом сопротивлении – до 230–280 кг/м². Причем фракции дрожжевой пыли до 5 мкм эффективно улавливаются в этой ступени очистки.

Второй ступенью очистки ГВВ являются скрубберы Вентури. Основные показатели работы этой ступени следующие: перепад давления – 250–320 кг/м², скорость газа в горловине трубы Вентури – 80–120 м/с, удельное орошение 0,4–0,6 л/м³, запыленность до очистки – 250–400 мг/м³, запыленность после очистки – 10–25 мг/м³, эффективность очистки – 92–97%.

Оценивая вышесказанное, можно заключить, что концентрация органических кислот на выходе из СМОГ примерно находится на уровне ПДК. Концентрация же белковой пыли и клеток штамма - продуцента значительно превосходят ПДК, на пример по белку в 7–40 раз, и это обстоятельство вызывает необходимость контроля содержания этих ингредиентов в рабочей и селитебной зонах, а также поиск путей снижения их концентраций. Для достижения более высокой степени очистки ГВВ от ферментеров дополнительно к скрубберам Вентури были установлены сетчатые туманоуловители [3, 6] (рис. 4).

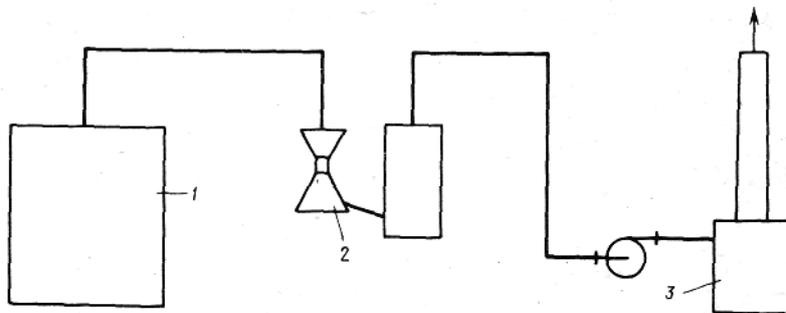


Рис. 4. Схема очистки газоздушных выбросов от ферментеров (сепараторов): 1 – ферментер (сепаратор); 2 – скруббер Вентури; 3 – туманоуловитель

Туманоуловитель представляет собой емкостной аппарат с набором пакетов металлических сеток трикотажного (объемного) плетения из нержавеющей проволоки диаметром 0,2–0,3 мм. Пакеты укладывались с плотностью упаковки 200...250 м²/м³ при свободном сечении 97–98%. Толщина пакета составляла 200...250 мм [2, 3, 8, 9]. Результаты промышленных испытаний туманоуловителей показали, что в процессе непрерывной эксплуатации в течение 6–10 суток их гидравлическое сопротивление увеличивалось в 7 раз с одновременным снижением эффективности очистки [10, 11, 12]. Конечное гидравлическое сопротивление туманоуловителей составляло 200...250 кг/м², что резко снижало подачу вентилятора СМОГ на фоне снижения эффективности очистки ГВВ [2, 6]. Исследование состояния сетки туманоуловителя показало, что повышение гидравлического сопротивления вызвано ее засорением веществами, содержащимися в культуральной жидкости ферментера. Соответствующая температура, наличие биогенных элементов и микрофлоры создавали благоприятные условия для развития микроорганизмов, которые заиливали сетку, что и вызывало рост ее гидравлического сопротивления. В связи с этим нами была разработана оригинальная конструкция туманоуловителя, позволяющая регенерировать сетку без остановки ферментера [5, 6] (рис. 5).

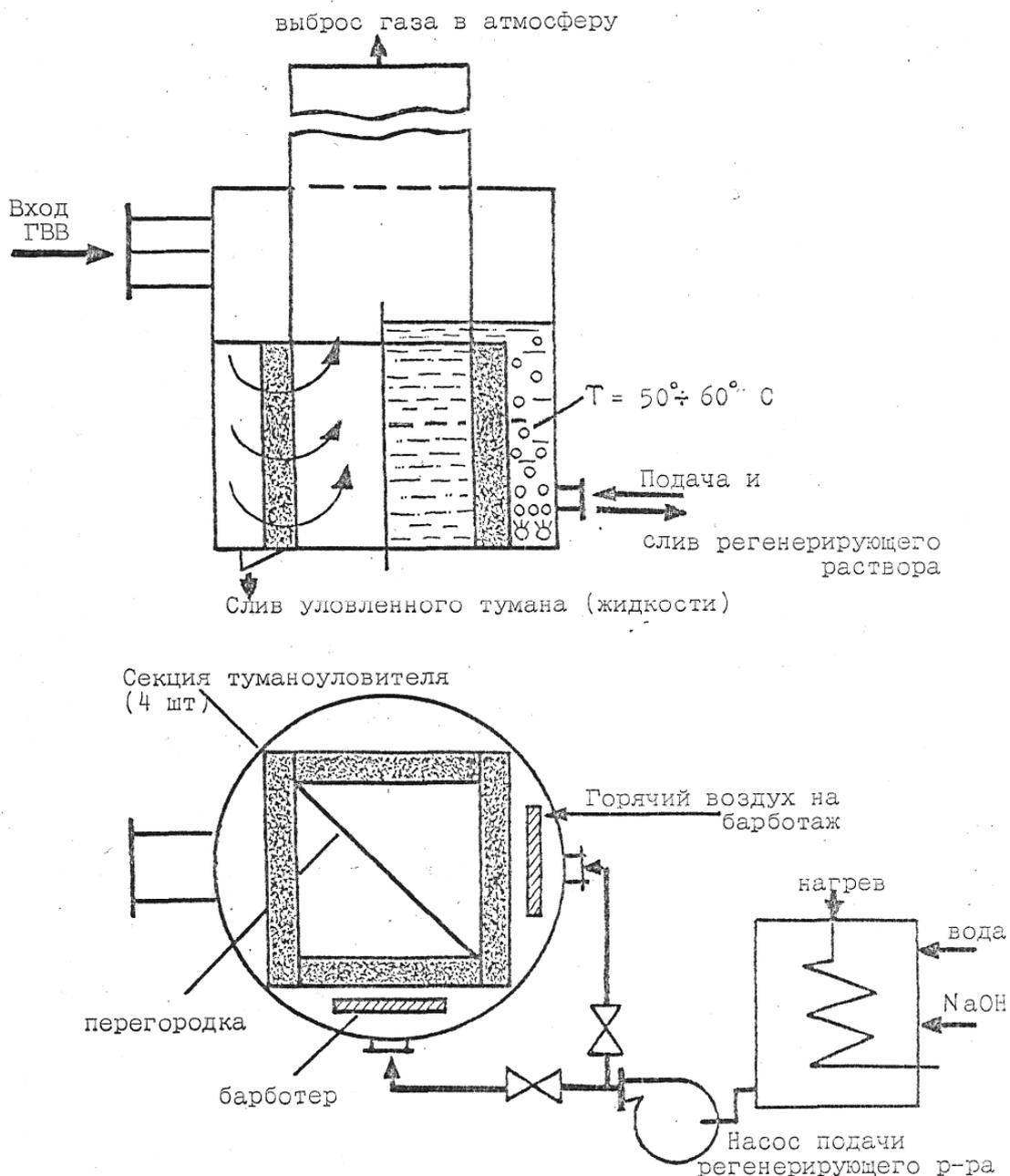


Рис. 5. Конструктивная схема туманоуловителя с непрерывной регенерацией

Туманоуловитель состоит из четырех секций нержавеющей сетки, которые образуют квадрат, разделенный по диагонали перегородкой. В работе находится две секции при одновременной регенерации 2-х других. Очищаемый газ поступает в коллектор и далее на сетку туманоуловителя. При достижении определенного гидравлического сопротивления работающих секций происходит переключение потока ГВВ на очищенные секции с одновременным началом регенерации отработанных. Переключение производится заливкой секций раствором едкого натра (10–20%), столб которого является гидрозатвором. Туманоуловитель рассчитан на расход газа 65 тыс.м³/ч, имеет среднее гидравлическое сопротивление (40...60) кг/м² при высокой эффективности улавливания.

Надежность разработанной конструкции туманоуловителя подтвердила его длительная эксплуатация в СМОГ промышленного ферментера. На рис. 6 показана динамика изменения концентрации клеток дрожжей в ГВВ во времени по мере внедрения туманоуловителей [6].

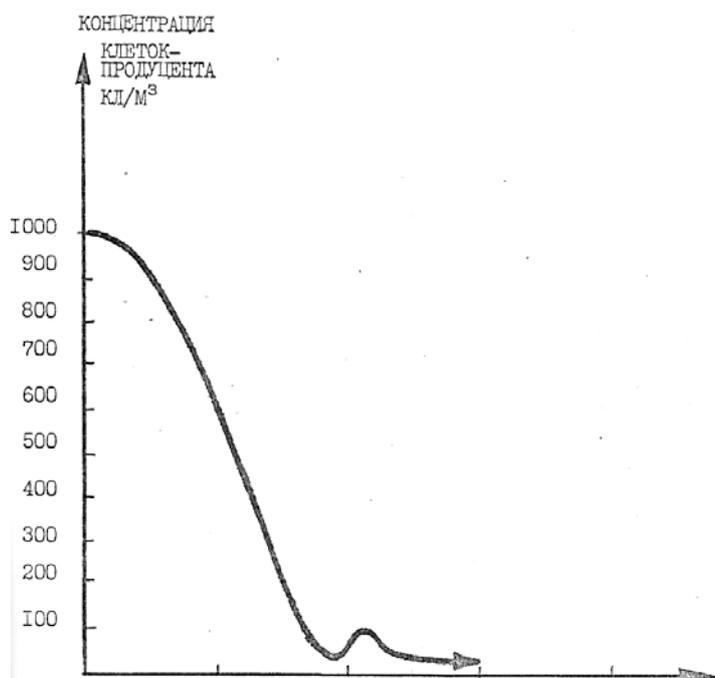


Рис. 6. Динамика изменения концентрации клеток штамма-продуцента в ГВВ ферментационного оборудования по мере внедрения туманоуловителей

Наибольшее внимание на стадии сушки уделяется выбросам пыли готового продукта. По концентрации специфического белка в ГВВ, в основном, и оценивают экологическое совершенство производства.

Новые технические решения по экологическому совершенствованию сушильных отделений пошли не по пути наращивания мощностей систем газоочистки, а по пути изменений аппаратно-технологической схемы сушки дрожжей.

Наиболее распространена схема сушильной установки, основанная на газоконтактном способе с выбросом отработанного СА в атмосферу [2, 5, 6] (рис. 3). Теплоноситель готовится из продуктов сгорания топлива с добавлением «присадки» – воздуха для доведения температуры теплоносителя до 400–450°C. Отработанный теплоноситель в количестве 200–250 тыс. м³/ч с испаренной влагой после двухступенчатой очистки выбрасывается в атмосферу.

Была разработана и апробирована схема СУ с полностью замкнутым контуром СА. [5, 6, 13] (а.с. СССР № 1575382. (рис. 7),

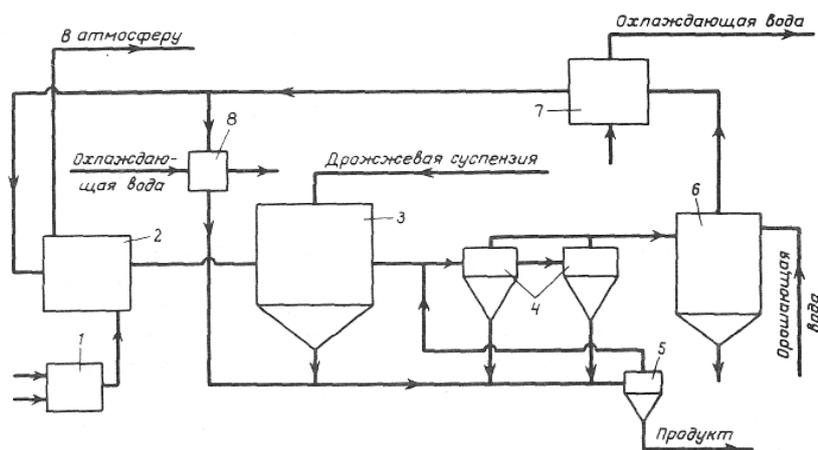


Рис. 7. Схема сушильной установки с полностью замкнутым контуром СА:
 1 – топка; 2 – воздухоподогреватель; 3 – сушильная камера; 4 – группа циклонов;
 5 – циклон-разгрузитель; 6 – аппарат мокрой очистки газов; 7 – конденсатор; 8 –
 конденсатор линии пневмотранспорта

СА в этой схеме циркулирует по замкнутому контуру и не имеет контакта с атмосферой. Пройдя группу циклонов и аппарат мокрой очистки, он поступает в конденсатор, в котором конденсируется влага, испаренная в сушильной камере. Далее осушенный и очищенный СА подается в воздухоподогреватель, где нагревается до требуемой температуры. Затем СА поступает в сушильную камеру, и таким образом его путь оказывается замкнутым.

Достоинством этого варианта схемы сушильной установки являются полная экологическая защищенность и взрывобезопасность (сушка паровоздушной смесью при содержании кислорода менее 16–17%). К достоинству этой схемы следует отнести и энергетическую целесообразность, так как процесс сушки осуществляется паровоздушной смесью, а также с повторным использованием 50–60% дымовых газов с температурой 180–200°C для разбавления продуктов сгорания до 600–700°C перед подачей дымовых газов в воздухоподогреватель [6], (а.с. СССР №1575382).

На графике (рис. 8) представлена динамика изменения концентраций специфического белка в ГВВ СУ с замкнутым контуром циркуляции СА. Видно, что в начале реконструкции в 100% проб обнаруживался специфический белок со средневзвешенной концентрацией 0,03 мг/м³. Период разработки и освоения сушилок сопровождался снижением средней концентрации белка до 0,0006 мг/м³ в 12% проб.

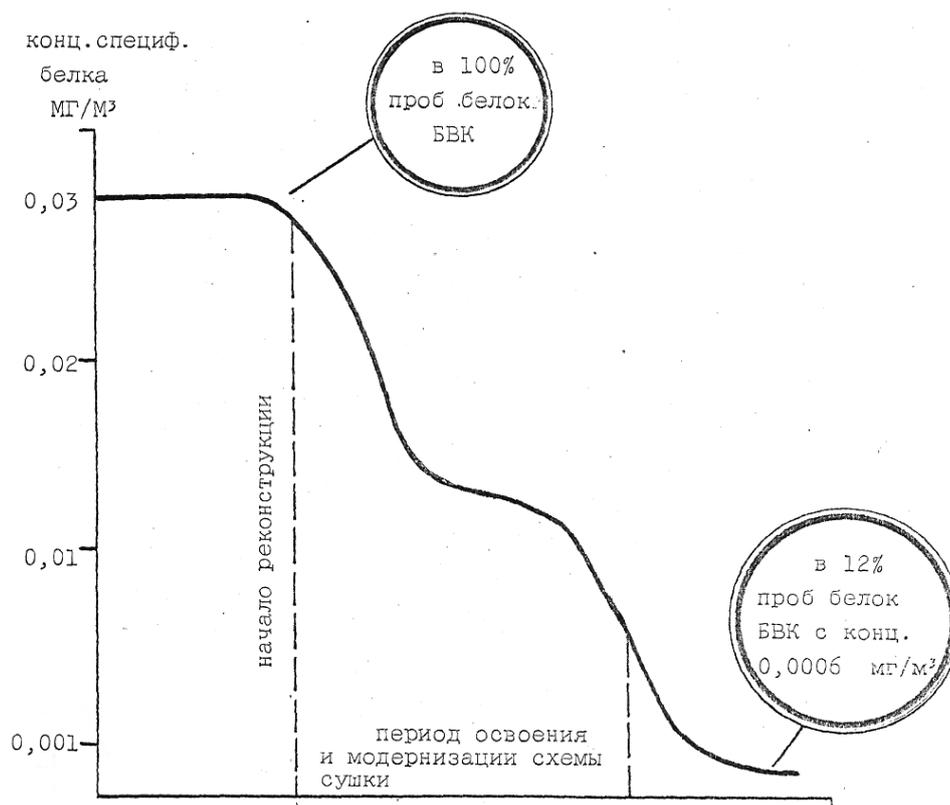


Рис. 8. Динамика изменения концентрации специфического белка в ГВВ сушильных установок

Наличие следовых количеств белка в дымовых газах, как показал анализ, обусловлено дефектами конструкций первых воздухоподогревателей. После устранения недостатков дальнейшая промышленная эксплуатация сушилок показала полное отсутствие специфического белка в дымовых газах.

Литература

1. Ключенкова М.И., Луканин А.В. Защита окружающей среды от промышленных газовых выбросов. Учебное пособие. М., Моск. гос. университет инженерной экологии (МГУ-ИЭ), 2012 г. – 145 с.
2. Ключенкова М.И., Луканин А.В. Защита окружающей среды от промышленных газовых выбросов. Учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2016. – 142 с.
3. Луканин А.В. Инженерная биотехнология: процессы и аппараты микробиологических производств: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2016. – 451 с.
4. Лыков М.В., Леончик Б.И. Распылительные сушилки. М.: Машиностроение, 1966. – С. 331.
5. Луканин А.В., Ковальский Ю.В. Оценка модернизированного оборудования и систем газоочистки биотехнологического производства по предупреждению загрязнения атмосферного воздуха. ж.Биотехнология. – №3. – 92. – С. 75–79.
6. Луканин А.В. Экологическое совершенствование крупнотоннажных производств кормового белка. Докторская диссертация М. – 1994 г. – 269 с.
7. Луканин А.В., Соломаха Г.П. Гидродинамика течения и массоперенос в продуваемом закрученном слое жидкости. АН СССР, ж. ТОХТ, том XX11, №4, М. – 1988. – С. 435–441.

8. *Луканин А.В.* Процессы и аппараты биотехнологической очистки сточных вод. Учебное пособие. М.: Университет машиностроения, 2014. – 224 с.
9. *Луканин А.В.* Процессы и аппараты биотехнологической очистки сточных вод. Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 242 с.
10. Kirsch A.A., Stechkina I.B. – In: Fundamental of Aerosol Science / Ed. By D. Shaw, New York, 1978. p. 156–256,
11. *Айба Ш., Хемфри А., Миллис Н.* Биохимическая технология и аппаратура. Пер. с англ.. – М. Пищевая промышленность, 1975, – 287 с.
12. Borgwardt R.H., Harrington R.E., Spaitte P.W., J. Air Poll. Contr. Assoc.,18, 387 (1968)].
13. *Луканин А.В.* Энерготехнологическое и экологическое совершенствование сушильных установок микробиологических производств. ж. Биотехнология. – Т. 5. – №6. – 1989. – С. 768–772.