

Технологическая схема действующего производства (рис.1) включает в себя вентилятор 1, газовый теплогенератор 2, насос-дозатор 3, смеситель 4, сушильную камеру 5, батарею циклонов 6, разгрузочный циклон 7, просеиватель 8 и бункер 9. Рис. 1 - Усовершенствованная технологическая схема производства сухой молочной сыворотки: 2, 4, 5 - объекты для модернизации, 10 - дополнительное оборудование

Воздух из помещения при температуре 5...40°C засасывается вентилятором 1-1 типа Ц14- 46 N=15кВт, Gv=22000м³/час [2] и нагнетается через теплогенератор 2 в сушильную камеру 5 [3]. В теплогенераторе воздух нагревается до температуры 160-190°C, теплоносителем является природный газ. Исходная смесь с содержанием сухих веществ 43-58% мас. перемешивается в смесителе 4, подогревается до температуры 45-55°C и насосом-дозатором 3 в количестве 660 кг/час подается на распылитель, находящийся в верхней части сушильной камеры 5. С помощью центрального диска распылителя исходная смесь распыляется в объеме камеры на жидкие частицы с диаметрами капель 20-50 мкм [3]. В сушильной камере при взаимодействии с потоком нагретого воздуха происходит процесс обезвоживания капель исходной жидкой смеси с образованием твердых сухих частиц диаметром 10-40 мкм. Отработанный воздух через трубопровод, находящийся в центральной части сушильной камеры с некоторым количеством продукта и паров, поступает в блок циклонов 6 [3], где происходит их разделение. Очищенный воздух с концентрацией пыли 40мг/м³ и температурой 65-70°C отсасываемым вентилятором 1-3 типа ВДН-11,2 N=45кВт, Gv=28750 м³/час [2] выбрасывается в атмосферу. Основная часть продукта осаждается на дно сушильной камеры и пневмотранспортом подается в разгрузочный циклон 7, при транспортировке происходит процесс охлаждения продукта до температуры 28-30°C и его досушка. В систему пневмотранспорта непосредственно подается и продукт полученный при очистке воздуха в батарее циклонов 6, для его охлаждения и досушки. Агентом пневмотранспорта является воздух, который подается из охладителя вентилятором 1-2 типа ВЦ 6-28 N=45кВт, Gv=5000 м³/час [2]. Продукт после отделения его от воздуха в разгрузочном циклоне пневмотранспорта через роторный затвор попадает в просеиватель 8 и далее в бункер 9, где происходит выгрузка готового сухого продукта. Недостатками рассмотренной схемы производства сухой молочной сыворотки являются: 1) потери тепла отходящих дымовых газов с температурой около 200°C после теплогенератора 2; 2) потери основного продукта - сухой молочной сыворотки с отходящей пылегазовой смесью после батареи циклонов 6; 3) ухудшение экологической ситуации производственной зоны по причине выброса пылегазовой смеси с недостаточно высокой степенью пылеулавливания. Для уменьшения потерь сухой молочной сыворотки и возвращения его в производство предлагается усовершенствовать технологическую схему (см. рис. 1) путем размещения дополнительного центробежного оборудования 10 с

повышенной эффективностью пылеулавливания. Анализ существующего пылеулавливающего оборудования: вихревых циклонов, центробежных пылеуловителей показал возможность их установки. В данной схеме предлагается конструкция вихревого пылегазоразделителя, которая была разработана на кафедре МАХП КНИТУ [4]. Ниже рассматривается методика расчета вихревого пылегазоразделителя для улавливания сухой молочной сыворотки. Исходными данными для расчета являются: действительный объемный расход газов G_v , м³/с; плотность ρ , кг/м³ и динамическая вязкость газов при рабочих условиях μ , Пас; дисперсный состав пыли и средний медианный размер частиц d_m , мкм; начальная концентрация пыли $C_n = C_0$, г/м³; плотность частиц пыли ρ_t , кг/м³; требуемая эффективность пылеулавливания η и допустимые затраты энергии на организацию процесса пылеулавливания. Определяется площадь входного патрубка $F_{вх}$, м² входной зоны пылеулавливания по уравнению: где $V_{вх} = 1525$ м/с - скорость движения пылегазовой смеси на входе. Для выбранной формы поперечного сечения входного патрубка тангенциального закручивающего устройства определяются значения конструктивных параметров или a и b . Определяется внутренний диаметр аппарата D , по выражению: где относительный наружный диаметр выходной трубы аппарата; $V_D = 2,04,0$ м/с [5] среднерасходная скорость движения газов в кольцевом канале. Вычисляется относительный радиус входного момента количества движения: или где относительный диаметр входного патрубка. Проверяется соблюдение условия безударного входа потока в кольцевой канал аппарата: или Вычисляется высота входного патрубка b прямоугольного сечения. Определяется интегральный параметр крутки потока на входе $\theta_{вх}$: Вычисляется значение конструктивного фактора разделения $K_{рк}$: . По номограмме [6] определяется скорость гравитационного осаждения $V_{ос}$, м/с частиц крупной фракции I размером d_I , мкм. Вычисляется скорость центробежного осаждения тех же самых частиц крупной фракции I: Рассчитывается значение относительной высоты входной зоны пылеулавливания : где ; ; $D_э$ - эквивалентный диаметр кольца, м; P - периметр осаждения, м; C_1 - концентрация пыли на выходе из зоны пылеулавливания, г/м³ (задается проектировщиком). Расчет основной и дополнительной винтовой зоны пылеулавливания Определяется средний угол закрутки $\phi_{ср1}$ по выражению: , где - интегральный параметр крутки потока; - коэффициент. Вычисляется шаг винтового закручивающего устройства (ВЗУ) S_1 : . Определяются углы закрутки на диаметрах d и $D_{в1}$: Вычисляется скорость движения газа в ВЗУ: , где - площадь сечения винтового канала. Рассчитываются тангенциальная , м/с и осевая , м/с составляющие скорости движения газа в канале: и Находится скорость центробежного осаждения частиц средней фракции II размером d_{II} по скорости гравитационного осаждения $V_{ос1}$ [6] и фактору разделения $K_{рк1}$: где . Определяется относительная высота основной винтовой зоны : где ; ; C_1 и C_2 -

концентрации на входе в зону и выходе из нее, г/м³. Расчет дополнительной винтовой зоны пылеулавливания производится аналогично расчету основной [6].

Общая эффективность пылеулавливания аппарата η определяется эффективностями пылеулавливания во входной η_1 , основной η_2 и дополнительной η_3 зонах: где степень очистки пылегазовой смеси в i -ой зоне; $i = 1-3$ — количество последовательно организованных зон пылеулавливания.

Аэродинамическое сопротивление аппарата рассчитывается по уравнению: где - суммарный коэффициент сопротивления; коэффициенты сопротивления входной $\zeta_{вх}$, основной $\zeta_{в1}$ и дополнительной $\zeta_{в2}$ зон пылеулавливания; ζ_B - коэффициент, учитывающий расширение на входе в бункер, поворот на 180° и сжатие потока на входе в выходную трубу; ζ_T и $\zeta_{вых}$ - коэффициенты сопротивления выходной трубы и выходного устройства.

Выводы 1. Предложено дополнительное пылеулавливающее оборудование для снижения потерь сухой молочной сыворотки. 2. Приведена методика технологического расчета вихревого пылегазоразделителя. 3. Возможно снижение потерь тепла дымовых газов в окружающую среду за счет их использования для нагрева смесителя 4 или сушильной камеры 5.