

УДК 631.362

DOI: 10.52463/22274227_2021_37_61

Д.П. Ездин, А.А. Ездина, С.В. Фомина, Н.А. Ковшова, А.В. Фоминых

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЖЕКТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА SOLIDWORKS FLOW SIMULATION ДЛЯ ВАКУУМНОЙ ВЫПАРНОЙ УСТАНОВКИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КУРГАНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ ИМЕНИ Т.С. МАЛЬЦЕВА», КУРГАН, РОССИЯ

D.P. Ezdin, A.A. Ezdina, S.V. Fomina, N.A. Kovshova, A.V. Fominykh

DETERMINATION OF EJECTOR STRUCTURAL PARAMETERS USING SOLIDWORKS FLOW SIMULATION SOFTWARE PACKAGE FOR VACUUM EVAPORATOR

FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION
«KURGAN STATE AGRICULTURAL ACADEMY NAMED AFTER T.S. MALTSEV», KURGAN, RUSSIA

Дмитрий Петрович ЕздинDmitry Petrovich Ezdin
ezdindp@mail.ru**Анна Анатольевна Ездина**Anna Anatolyevna Ezdina
кандидат технических наук
angel_4.1@mail.ru**Светлана Владимировна Фомина**Svetlana Vladimirovna Fomina
кандидат технических наук, доцент
svetlana19-63@mail.ru**Надежда Александровна Ковшова**Nadezhda Alexandrovna Kovshova
statistika429@mail.ru**Александр Васильевич Фоминых**Alexander Vasilievich Fominykh
доктор технических наук, профессор
prof_fav@mail.ru

Аннотация. Анализ показывает, что темпы роста потребления гуматов к 2025 году составят до 1% в год, а в связи растущей потребностью сельского хозяйства, объемы производства гуматов будут расти до 5% в год. Реализация социально-экономических и экологических программ АПК предусматривает совершенствование технологий и технических средств производства комбикормов и БМВД для сельскохозяйственных животных и птицы. Гуминовые вещества повышают интенсивность обмена веществ и процессов роста животных, повышают сохранность потомства, снижают заболеваемость. Прослеживается универсальность воздействия гуминовых кислот и их производных на организм человека. В настоящее время наибольшее распространение имеют технологические линии производства гуминовых препаратов, в которых для повышения концентрации сухих веществ в гуминовой суспензии используются осадительные центрифуги с фактором разделения $F=6000...7000$. При этом под воздействием центробежных сил происходит разрыв связей молекулы, эффективность препаратов уменьшается. Разработка и обоснование параметров оборудования для производства гуминовых препаратов являются актуальными. Доказано, что при повышении концентрации суспензии методом выпаривания при температуре $60...68\text{ }^{\circ}\text{C}$ и абсолютном давлении $20...28\text{ кПа}$ лучше сохраняются полезные свойства гуминовых препаратов, чем при повышении концентрации в осадительных центрифугах. Разработаны схемы энергосберегающих вакуумных выпарных установок (ВВУ) повышения концентрации гуминовой суспензии. Для создания и поддержания вакуумметрического давления рационально использовать эжектор, так как он обладает преимуществами: отсутствие движущихся деталей, малые габаритные размеры и масса, простота обслуживания. Разработана методика расчёта расхода энергии и количества полученного пара при повышении концентрации гуминовой суспензии. При мощности нагревателя 12 кВт испаряется 18,3 кг воды в час, из которой образуется $118,8\text{ м}^3$ пара. Полученные результаты являются исходными данными для расчёта системы удаления пара. Моделирование эжектора в SolidWorks 2017 Flow Simulation позволяет визуализировать эпюры давлений и скоростей, определить рациональные конструкционные параметры эжектора. Результаты расчётов подтверждены результатами экспериментов.

Ключевые слова: гуминовая суспензия, повышение концентрации, вакуумная выпарная установка, эжектор, моделирование.

Abstract. The analysis shows that the growth of humate consumption rate by 2025 will be up to 1% per year and due to the growing need for agriculture, the production of humate will grow to 5% per year. The implementation of socio-economic and environmental programs of the agro-industrial complex provides for the improvement of technologies and technical means for the production of feed and BMVA for farm animals and poultry. Humic substances increase the intensity of metabolism and growth processes of animals, increase the safety of offspring, reduce morbidity. The universality of the effects of humic acids and their derivatives on the human body is traced. Currently, the production lines for humic preparations are most widely used, in which precipitation centrifuges with the separation factor $F = 6000... 7000$ are used to increase the concentration of dry substances in the humic suspension. At the same time, under the influence of centrifugal forces, the bonds of the molecule break, the effectiveness of the preparations decreases. The development and substantiation of the parameters of the equipment for the production of humic drugs are relevant. It has been proved that by increasing the concentration of the suspension by evaporation at a temperature of $60... 68\text{ }^{\circ}\text{C}$ and an absolute pressure of $20... 28\text{ kPa}$, the beneficial properties of humic preparations are better preserved than by increasing the concentration in precipitation centrifuges. Schemes for energy-saving vacuum evaporators (VUV) have been developed to increase the concentration of humic suspension. To create and maintain vacuum pressure, it is rational to use an ejector, since it has the advantages: the absence of moving parts, small overall dimensions and weight, easy maintenance. A method for calculating the energy consumption and the amount of steam obtained with an increase in the concentration of humic suspension has been developed. At a heater power of 12 kW, 18.3 kg of water per hour is evaporated, from which 118.8 m^3 of steam is formed. The results obtained are initial data for the calculation of the steam removal system. The simulation of the ejector in SolidWorks 2017 Flow Simulation allows you to visualize pressure and velocity epures, determine rational structural parameters of the ejector. The results of the calculations are confirmed by the results of experiments.

Keywords: humic suspension, concentration increase, vacuum evaporator, ejector, modeling.

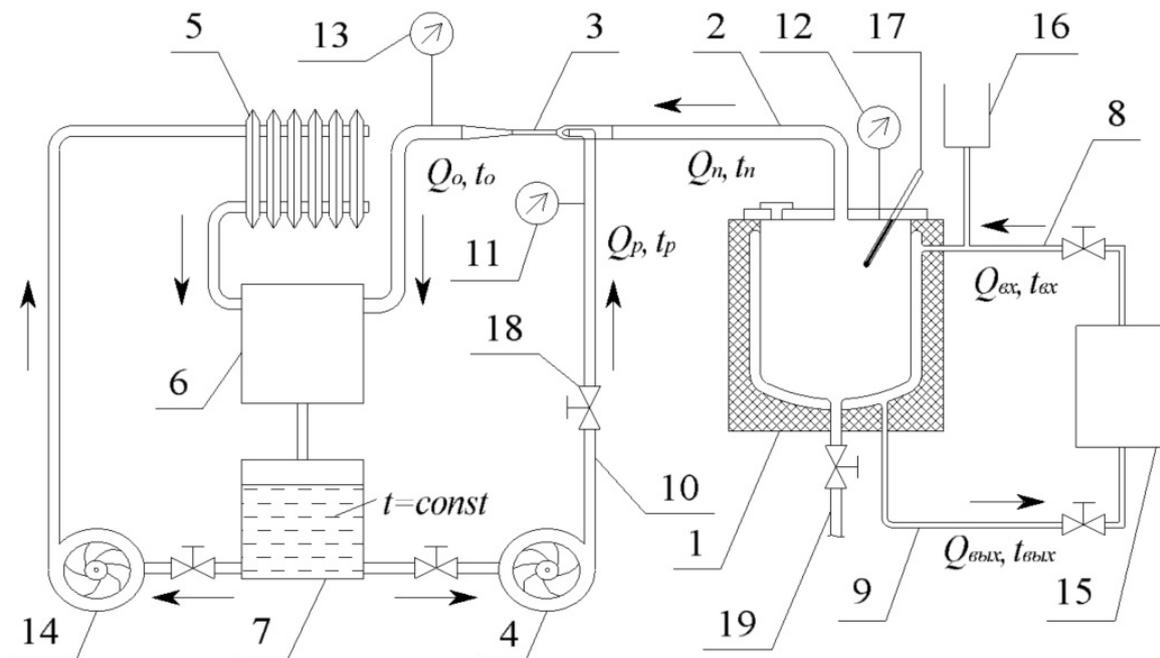
Введение. Согласно Федеральной службе государственной статистики, наблюдается рост внесения органических удобрений за последние 5 лет на 12%. Анализ потребления последних лет показывает, что темпы роста потребления к 2025 году составят до 1% в год, а в связи растущей потребностью сельского хозяйства, объемы производства гуматов будут расти до 5% в год. Проведенная оценка ёмкости рынка гуминовых препаратов учитывает потребности всех категорий хозяйств и прогнозируется на уровне 1476,05 тонн по России [1-3]. Реализация социально-экономических и экологических программ АПК предусматривает совершенствование технологий и технических средств производства комбикормов и БМВД для сельскохозяйственных животных и птицы [4]. Гуминовые вещества повышают интенсивность обмена веществ и процессов роста животных, повышают сохранность потомства, снижают заболеваемость. Выявлена антибактериальная, противовоспалительная, антиоксидантная, гепато-протекторная, противовирусная физиологическая активность применения гуминовых кислот в качестве биостимулирующих препаратов [5-7]. Кроме того, биоактивные добавки (БАД) на основе гуминовых веществ являются биопротекторами, защищающими печень от видимых деструктивных изменений, вызванных действием повреждающих факторов и функциональных перегрузок. Гуминовые вещества нетоксичны, не обладают тератогенными, эмбриотоксическими и канцерогенными свойствами, обеспечивается производство экологически чистых продуктов питания [8-12]. Прослеживается универсальность воздействия гуминовых кислот и их производных на организм человека: они обеспечивают положительную динамику симптомов заболеваний, включая опухолевые процессы [13-15]. Гуминовые препараты обладают широким спектром биологической активности, оказывая воздействие на обменные процессы в организме человека и животных.

Методика. В настоящее время наибольшее распространение получили технологические линии производства гуминовых препаратов, в которых для повышения концентрации сухих веществ в гуминовой суспензии используются осадительные центрифуги с фактором разделения $\Phi=6000...7000$. При этом под воздействием центробежных сил происходит разрыв связей молекулы, эффективность препаратов уменьшается. Применяемое для производства гуминовых препаратов оборудование имеет ряд недостатков: оно сложное, дорогое, занимает

большую площадь при низкой производительности и больших затратах труда, отрицательно воздействует на гуминовые препараты, снижая их качество. Разработка и обоснование параметров оборудования для производства гуминовых препаратов являются актуальными. Доказано, что при повышении концентрации суспензии методом выпаривания при температуре 60...68 °С и абсолютном давлении 20...28 кПа, лучше сохраняются полезные свойства гуминовых препаратов, чем при повышении концентрации в осадительных центрифугах [16]. Разработаны схемы линий производства гуминосодержащих препаратов и энергосберегающих вакуумных выпарных установок (ВВУ) повышения концентрации гуминовой суспензии [17, 18]. Разработаны методики расчёта расхода энергии и количества полученного пара при повышении концентрации суспензии, времени нагрева ВВУ до рабочей температуры. Применение ВВУ с конденсатором пара обеспечивает рациональное использование тепловой энергии. Для создания и поддержания вакуумметрического давления рационально использовать эжектор, так как он обладает преимуществами: отсутствие движущихся деталей, малые габаритные размеры и масса, простота обслуживания [19-21]. Разработана методика расчёта расхода энергии и количества полученного пара при повышении концентрации гуминовой суспензии. При мощности нагревателя 12 кВт из суспензии испаряется 18,3 кг воды в час, из которой образуется 118,8 м³ пара. Полученные результаты являются исходными данными для расчёта системы удаления пара из ВВУ. Моделирование эжектора в SolidWorks 2017 Flow Simulation позволяет визуализировать эпюры давлений и скоростей, определить рациональные конструкционные параметры эжектора.

На инженерном факультете ФГБОУ ВО Курганская ГСХА запатентована [17] линия производства гуминосодержащего препарата с ВВУ, разработана, изготовлена и испытана энергосберегающая ВВУ для удаления воды из гуминовой суспензии при температуре кипения 60...68 °С (рисунок 1).

Работа установки. Через расширительный бачок 16 заливается вода в рубашку котла и электрический котёл 15 до уровня воды в расширительном бачке 50 мм. Котёл заполняется гуминовой суспензией, герметично закрывается крышкой. Включается электрический котёл 15. Вода нагревается в электрическом котле, охлаждается в рубашке котла и за счёт разности



1 – котёл с водяной рубашкой и теплоизоляцией; 2 – паропровод и конденсатор пара; 3 – эжектор; 4 – центробежный насос подачи рабочей воды в эжектор; 5 – охладитель (система отопления); 6 – гаситель скорости струи; 7 – бак для воды; 8 – трубопровод из электрического котла в рубашку; 9 – трубопровод из рубашки в электрический котёл; 10 – трубопровод рабочей воды для эжектора; 11 – манометр перед эжектором; 12 – вакуумметр; 13 – манометр после эжектора; 14 – центробежный насос подачи воды в систему отопления; 15 – электрический котёл; 16 – расширительный бак; 17 – термометр; 18 – вентиль; 19 – патрубок слива из котла концентрированного продукта

Рисунок 1 – Технологическая схема энергосберегающей ВВУ повышения концентрации гуминовой суспензии

плотностей горячей и холодной воды циркулирует между электрическим котлом и рубашкой по трубопроводам 8 и 9. При нагреве суспензии до 60 °С включается центробежный насос 4, вода из бака 7 подаётся в эжектор 3. Абсолютное давление в котле поддерживается в диапазоне 20...28 кПа и контролируется вакуумметром 12, при этом температура кипения суспензии поддерживается в диапазоне 60...68 °С. Вентилем 18 регулируется давление рабочей воды перед эжектором 3 и, соответственно, регулируются давление и температура в котле. Пар из котла удаляется по трубопроводу 2 и в этом же трубопроводе конденсируется. Трубопровод 2 является конденсатором и обогревателем, излучая в окружающую среду энергию, полученную при конденсации пара и охлаждении конденсата. Конденсат стекает в эжектор, так как трубопровод 2 расположен под наклоном от котла к эжектору.

Бак 7, насосы и эжектор расположены в другом помещении и не создают шум в рабочем помещении. Температура воды в баке 7 не должна превышать 35 °С и не должна быстро понижаться. Быстрое понижение температуры в баке 7 приводит к столь же быстрому понижению

давления в котле 1, бурному кипению суспензии, выбросу суспензии в паропровод 2 и её потерям. Насосом 14 вода из бака 7 подаётся в систему отопления 5 и, охлаждённая, возвращается в бак 7. Для создания и поддержания вакуумметрического давления применяется эжектор 3, так как он, по сравнению с вакуумными насосами, дешевле (в комплекте с центробежным насосом для подачи рабочей воды в эжектор), не имеет движущихся деталей, имеет малые размеры и массу, прост в обслуживании.

В качестве средства моделирования эжектора применяются программные пакеты Mathcad и SolidWorks 2017 Flow Simulation [22, 23]. Программное обеспечение позволяет моделировать жидкостные и газовые потоки внутри и снаружи изделия для вычисления его возможностей и рабочих характеристик. Перед началом исследования течения жидкости в эжекторе необходимо создать твердотельную оболочку, внутри которой будет течь жидкость (внутренняя гидродинамическая задача). Фактически необходимо задать геометрические условия, существенно влияющие на гидродинамическую обстановку.

Моделирование любого изделия в SolidWorks начинается с построения эскиза, а затем

уже придаётся ему объём. Для начала в установленной плоскости построения XY (спереди) строится осевая линия, которая проходит через центр координат. Затем чертится эжектор с произвольными размерами – это «черновая» модель эскиза. Для последующей задачи граничных условий модель струйного эжектора необходимо сделать замкнутой, т. е. закрыть все вход-

ные и выходные отверстия. Затем в «черновой» модели проставляются взаимосвязи и размеры, пока эскиз не будет определён (рисунок 2).

Эскиз необходимо привязать к исходной точке, чтобы определить координаты эскиза. Далее создаётся твёрдотельная модель телом вращения, которое имеет ось вращения (рисунок 3) и создаётся вырез для потока полезной подачи.

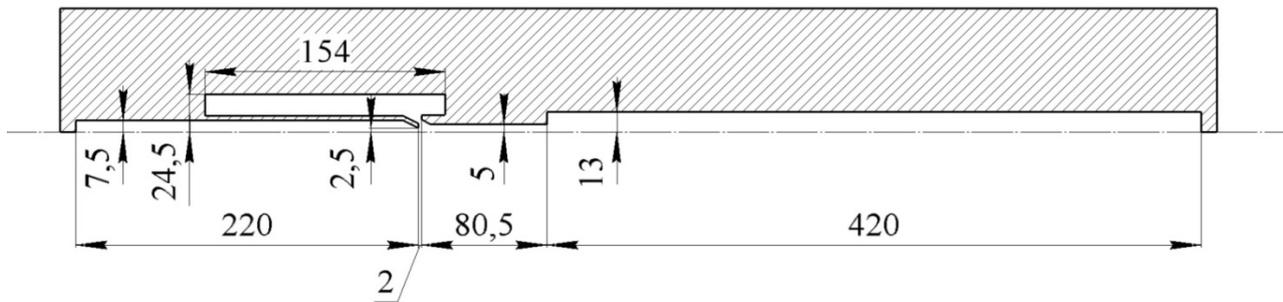


Рисунок 2 – Эскиз эжектора в программном комплексе Solid Works 2017 Flow Simulation

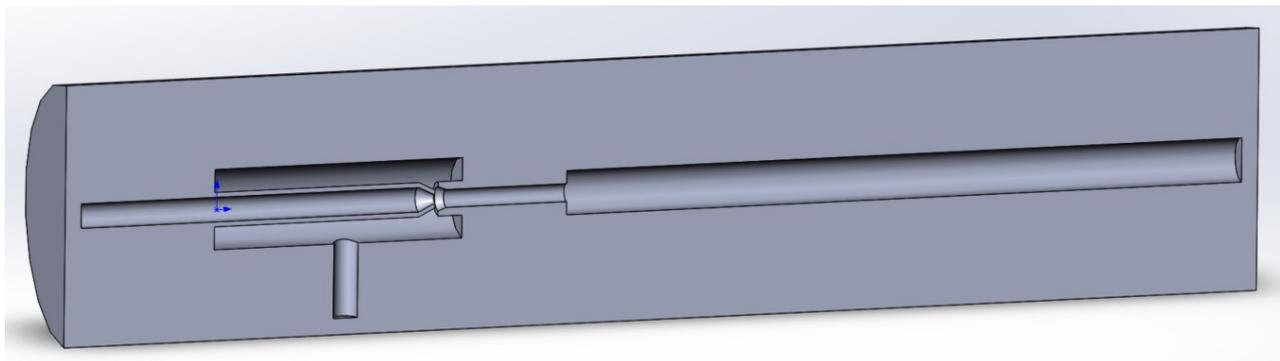


Рисунок 3 – Тело вращения в разрезе с вырезом для потока полезной подачи

После создания твёрдотельной оболочки задаются граничные условия на плоских гранях входных и выходных отверстий.

При определении и сравнении производительности всех струйных насосов (жидкостных, газовых и газожидкостных) используются безразмерные параметры, представляющие собой соотношения различных свойств. Эти параметры для жидкостно-струйных насосов определяются по формулам:

- коэффициент массового расхода – отношение массового расхода увлекаемой жидкости к массовому расходу движущей жидкости задается формулой:

$$M_r = \frac{m_s}{m_p}; \quad (1)$$

- коэффициент давления – отношение увеличения общего давления увлекаемой жидкости к уменьшению общего давления движущей

щей жидкости, задается формулой:

$$P_r = \frac{P_{dt} - P_{st}}{P_{pt} - P_{dt}}. \quad (2)$$

Эффективность струйного насоса определяется умножением этих коэффициентов:

$$\eta = M_r \cdot P_r \quad (3)$$

Рассмотрена и рассчитана эффективность струйного насоса.

Результаты. На входе рабочего потока диаметром 15 мм задаётся абсолютное давление $P_1=421$ кПа. На входе полезного потока диаметром 15 мм задаются давление вакуумметрическое $P_{\text{вак}}=80$ кПа и объёмный расход $0,01667 \cdot 10^{-3}$ м³/с. На выходе из камеры смешения сечением 25 мм принимается абсолютное давление $P_2=123$ кПа (рисунок 4).

При моделировании приняты следующие

допущения: внутренняя поверхность эжектора идеально ровная с шероховатостью, равной нулю; вязкость жидкости постоянна и не изменяется; жидкость рабочего и полезного потока является однофазной средой с одинаковыми

значениями параметров по течению; течение жидкости является безотрывным. Результаты расчёта представлены в виде эпюр давления и скорости потока жидкости (рисунки 5, 6 и 7).

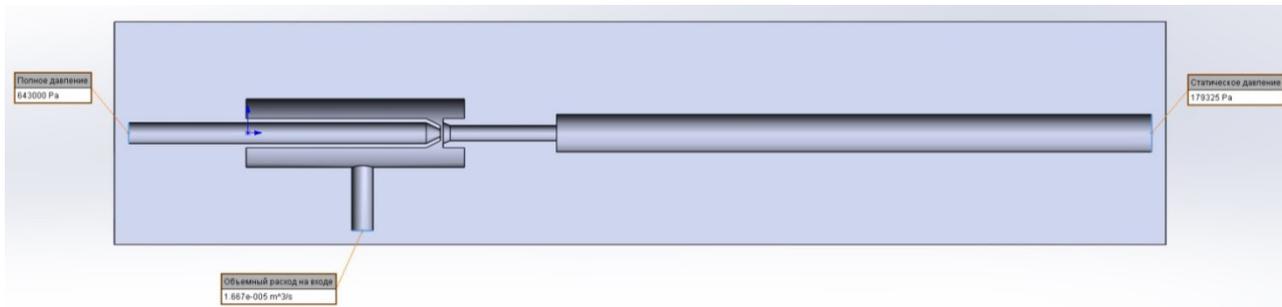


Рисунок 4 – Граничные условия эжектора

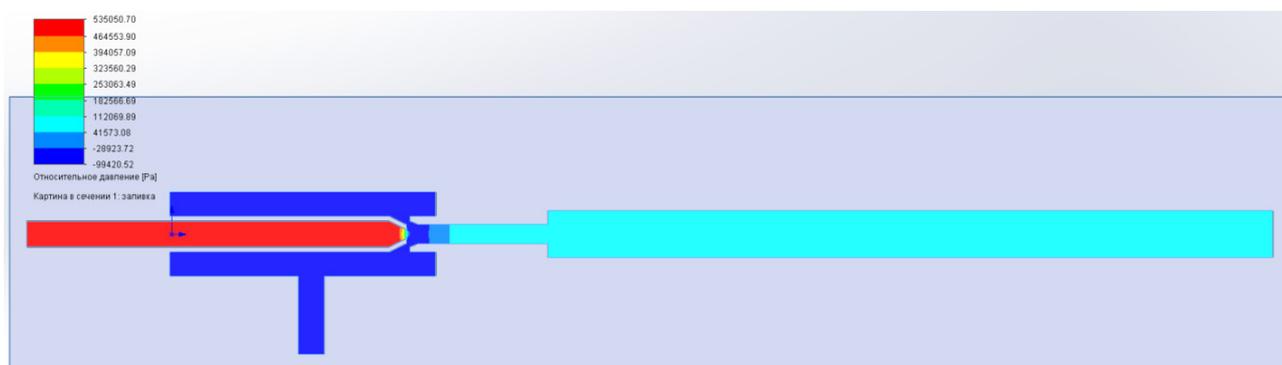


Рисунок 5 – Эпюры давления жидкости в эжекторе

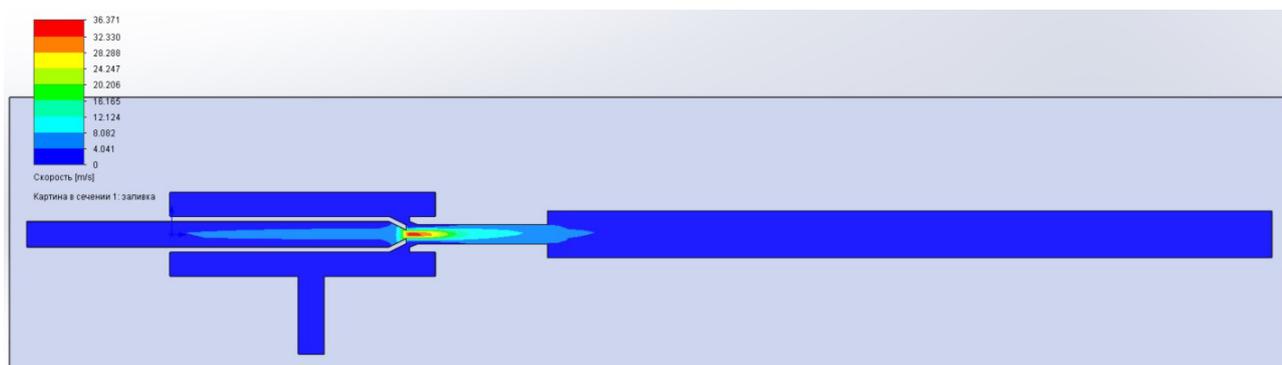


Рисунок 6 – Эпюры скоростей потока жидкости в эжекторе

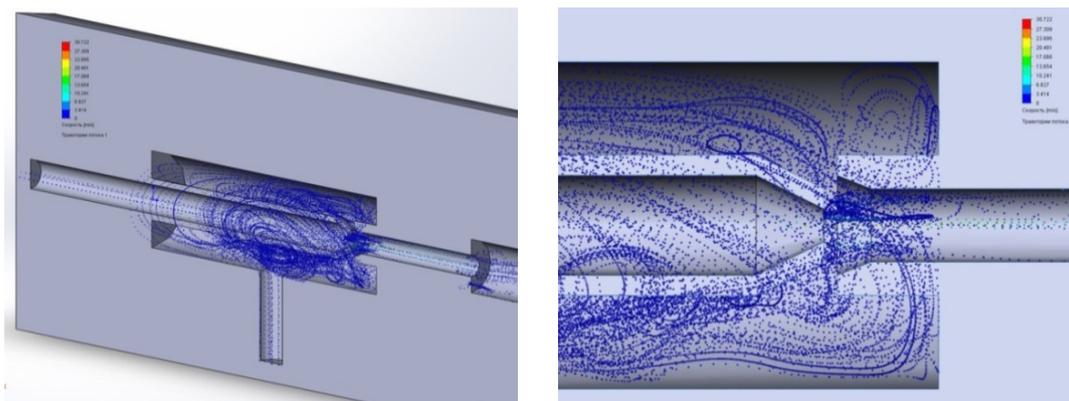


Рисунок 7 – Траектория потока жидкости в эжекторе и в сопле эжектора

Сравнение результатов компьютерного моделирования течения жидкости с результатами эксперимента [23-25] представлено в таблице.

Таблица - Значение экспериментальных и расчётных значений

Показатель	$P_{\text{вк}} \cdot 10^3, \text{Па}$	$P_2 \cdot 10^3, \text{Па}$	$P_1 \cdot 10^3, \text{Па}$	$Q_{\text{вк}} \cdot 10^{-3}, \text{м}^3/\text{с}$	$Q_2 \cdot 10^{-3}, \text{м}^3/\text{с}$	$Q_1 \cdot 10^{-3}, \text{м}^3/\text{с}$
Эксперимент	80	28	318	0,01667	0,43916	0,4225
Расчёт	80	23	318	0,01667	0,53947	0,5228

Результаты эксперимента подтверждают результаты моделирования в SolidWorks 2017 Flow Simulation, отклонения не превышают 15%.

Выводы.

1. Доказано, что при повышении концентрации гуминовой суспензии методом выпаривания под вакуумом при температуре 60...68 °С лучше сохраняются полезные свойства гуминовых препаратов, чем при повышении концентрации в осадительных центрифугах.

2. На основе метода выпаривания воды под вакуумом из гуминовой суспензии разработана линия производства гуминосодержащего препарата, которая позволяет получить препараты высокого качества и повысить производительность линии за счёт исключения операции центрифугирования при уменьшении затрат ручного труда. Разработаны схемы энергосберегающих ВВУ повышения концентрации гуминовой суспензии.

3. Разработана методика расчёта количества полученного пара при повышении концентрации гуминовой суспензии. При абсолютном давлении 20...28 кПа из одного килограмма воды образуется 6 м³ пара, а из 25 кг – 150 м³. При мощности нагревателя 12 кВт образуется 118,8 м³ пара в час или 0,033 м³/с. Полученные результаты являются исходными данными для расчёта системы удаления пара с эжектором.

4. При моделировании эжектора в программном комплексе Solid Works 2017 Flow Simulation обоснованы рациональные конструкционные параметры эжектора, при которых обеспечивается процесс повышения концентрации гуминовой суспензии при температуре кипения 60...68 °С: на входе рабочего потока диаметром 15 мм абсолютное давление $P_1=421$ кПа;

диаметр рабочего сопла 5 мм, на входе полезного потока диаметром 15 мм давление вакуумметрическое $P_{\text{вк}}=80$ кПа и объёмный расход $0,01667 \cdot 10^{-3}$ м³/с; диаметр камеры смешения 10 мм, после эжектора диаметр трубопровода 25 мм и абсолютное давление $P_2=123$ кПа. Визуализированы эпюры давлений и скоростей потоков в эжекторе при рабочих режимах и проточке. На выставке «Золотая осень – 2020» (г. Москва) «за производство высокоэффективной сельскохозяйственной техники и внедрение прогрессивных ресурсосберегающих технологий» Курганская ГСХА награждена бронзовой медалью и дипломом: «За разработку линии производства гуминосодержащего препарата».

Список литературы

- 1 Сельское хозяйство в России. 2019: статистический сборник. М.: Росстат. 2019. 91 с.
- 2 Кирилова О.В. Анализ конъюнктуры рынка гуминовых удобрений России и Тюменской области // Вестник науки. 2018. Т. 5. № 6. С. 25-27.
- 3 Маркетинговое исследование: Рынок органоминеральных (органических) удобрений и почвогрунтов за 2013-2017 гг. Белгород: ОГАУ «Инновационно-консультационный центр АПК», 2018. 21 с.
- 4 Mikolaichik I.N., Morozova L.A., Kakhikalo V.G., Ovchinnikova L.Yu., Yarmots L.P., Karmatski-kh Yu.A., Charykov V.I. Microbiological supplements for the metabolic rate correction in calves // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2020. Vol. 11. № 2. P. 11A02S
- 5 Александрова С.С., Прокопьев Л.Н., Садвокасова А.А. Использование гумата натрия «Росток» в рационах телят // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 10. С. 83-85.
- 6 Александрова С.С. Гумат натрия «Росток» в рационах ремонтных телок // Аграрный вестник Урала. 2016. № 11 (153). С. 8-12.
- 7 Безуглова О.С., Зинченко В.Е. Применение гуминовых препаратов в животноводстве (обзор) // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 2. С. 89–93.
- 8 Грехова И.В. Особенности производства и применения гуминовых препаратов // Современные научно-практические решения в АПК: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (8 декабря 2017 г.). Тюмень,

2017. С. 600-604.

9 Влияние препаратов гуминовой природы на прорастание семян и рост сеянцев томата / Т.Н. Сахарчук [и др.] // Вестник БГУ. Серия 2: Химия. Биология. География. 2012. № 2. С. 53-57.

10 Грехова И.В., Куртова А.В. Влияние органических препаратов на продуктивность и качество клубней картофеля // Современные научно-практические решения в АПК: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (8 декабря 2017 г.). Тюмень, 2017. С. 605-610

11 Биологическая активность гуминовых веществ: перспективы и проблемы их применения в медицине (обзор) / И.А. Савченко [и др.] // Журнал МедиАль. 2019. № 1 (23). С. 54-60.

12 Китапова Р.Р., Зиганшин А.У. Биологическая активность гуминовых веществ, получаемых из торфа и сапропеля // Казанский медицинский журнал. 2015. Т. 96. № 1. С. 84-89.

13 Светлова С.Ю., Дронова Е.В., Наумова Э.М. Региональные особенности гуминовых кислот как лекарственного сырья (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное периодическое издание. 2019. № 4. С. 168-176.

14 Полуянова И.Е. Биологическая активность гуминовых веществ, получаемых из торфа, и возможности их использования в лечебной практике // Международные обзоры: клиническая практика и здоровье. 2017. № 4. С. 114-122.

15 Сухих А.С., Кузнецов П.В. Перспективы применения гуминовых и гуминоподобных кислот в медицине и фармации // Медицина в Кузбассе. 2009. Т. 8. № 1. С. 10-14.

16 Фоминых А.В., Овчинников Д.Н., Фомина С.В., Ездин Д.П. Совершенствование способа получения гуминового концентрата при производстве гуминосодержащего препарата // Инновационное развитие АПК Северного Зауралья: материалы региональной научно-практической конференции молодых ученых (18 апреля 2013 г.). Тюмень, 2013. С. 267-271.

17 Линия производства гуминосодержащего препарата: пат. 132071 Российская Федерация. МПК С 05 F 11/00. № 2012148655/13. / Фоминых А.В., Овчинников Д.Н., Ездин Д.П.; заявл. 15.11.2012; опубл. 10.09.2013, Бюл. № 25. 9 с.

18 Ездин Д.П. Производственная вакуум-выпарная установка повышения концентрации гуминовых кислот // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 1 (33). С. 53-56.

19 Овчинников Д.Н., Фомина С.В., Стрекаловских Н.С. Выбор насоса для создания вакуума в выпарной установке // Приоритетные направления развития энергетики в АПК: материалы I Всероссийской научно-практической конференции (28 сентября 2017 г.). Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2017. С. 464-468.

20 Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты: 3-е издание, переработанное. М.: Энергоатомиздат, 1989. 352 с.

21 Спиридонов Е.К. Конструкции жидкостногазовых струйных насосов. Состояние и перспективы // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. 2005. № 1. С. 94-104.

22 Production vacuum-evaporation unit for increasing humic suspension concentration / A.V. Fominykh [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: The International Scientific and Practical Conference Biotechnology in the Agro-Industrial Complex and Sustainable Environmental Management. 2020. Vol. 613. С. 012035.

23 Программное обеспечение SolidWorks. [Электронный ресурс]. – URL: <http://dugtor.ru/programmy/raznoe/45804-solidworks-premium-edition-2017-sp-41-multi-ru.html> – (дата обращения 05.03.2018)

List of references

1 Agriculture in Russia. 2019: statistical collection. M.: Rosstat. 2019. 91 p.

2 Kirilova O.V. Analysis of the market conditions for humic fertilizers in Russia and the Tyumen region // Bulletin of Science. 2018. Vol. 5. № 6. Pp. 25-27.

3 Marketing research: Market of organomineral (organic) fertilizers and soils for 2013-2017. Belgorod: OGAU «Innovation-onn-consulting center of agro-industrial complex», 2018. 21 p.

4 Mikolaichik I.N., Morozova L.A., Kakhikalo V.G., Ovchinnikova L.Yu., Yarmots L.P., Karmatskikh Yu.A., Charykov V.I. Microbiological supplements for the metabolic rate correction in calves // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2020. Vol. 11. № 2. P. 11A02S

5 Alexandrova S.S., Prokopiv L.N., Sadvozasova A.A. Use of sodium gumat "Rostock" in calf diets // Achievements of Science and Technology of AIC. 2015. Vol. 29. № 10. Pp. 83-85.

- 6 Alexandrova S.S. Sodium Gumat «Rostock» in the diets of repair heifers // *Agricultural Bulletin of the Ural*. 2016. № 11 (153). Pp. 8-12.
- 7 Bezuglova O.S., Zinchenko V.E. The use of humic drugs in animal husbandry (review) // *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2016. Vol. 30. № 2. Pp. 89-93.
- 8 Grekhova I.V. Features of the production and use of humic drugs // *Modern scientific and practical solutions in the agro-industrial complex: a collection of articles of the All-Russian Scientific and Practical Conference (December 8, 2017)*. Tyumen, 2017. Pp. 600-604.
- 9 Influence of humic preparations on seed germination and growth of tomato seedlings / T.N. Sakharchuk [et al.] // *Vestnik BGU. Series 2: Chemistry. Biology. Geography*. 2012. № 2. Pp. 53-57.
- 10 Grekhova I.V., Kurtova A.V. Influence of organic preparations on the productivity and quality of potato tubers // *Modern scientific and practical solutions in the agro-industrial complex: a collection of articles of the All-Russian Scientific and Practical Conference (December 8, 2017)*. Tyumen, 2017. Pp. 605-610.
- 11 Biological activity of humic substances: prospects and problems of their application in medicine (review) / I.A. Savchenko [et al.] // *Journal MediAl*. 2019. № 1 (23). Pp. 54-60.
- 12 Kitapova R.R., Ziganshin A.U. Biological activity of humic substances obtained from peat and sapropel // *Kazan Medical Journal*. 2015. Vol. 96. № 1. Pp. 84-89.
- 13 Svetlova S.Yu., Dronova E.V., Naumova E.M. Regional features of humic acids as medicinal raw materials (literature review) // *Journal of New Medical Technologies, eEdition*. 2019. № 4. Pp. 168-176.
- 14 Poluyanova I.E. Biological activity of humic substances obtained from peat and their use in medical practice // *International reviews: clinical practice and health*. 2017. № 4. Pp. 114-122.
- 15 Suhii A.S., Kuznetsov P.V. Prospects for the use of humic and humic acids in medicine and pharmacy // *Medicine in Kuzbass*. 2009. Vol. 8. № 1. Pp. 10-14.
- 16 Fominykh A.V., Ovchinnikov D.N., Fomina S.V., Ezdin D.P. Improving the method of producing humic concentrate in the production of a humic-containing drug // *Innovative development of the agricultural complex of the Northern Trans-Urals: materials of the regional scientific and practical conference of young scientists (April 18, 2013)*. Tyumen, 2013. Pp. 267-271.
- 17 Line of production of a humic-containing drug: patent 132071 Russian Federation. IPC C 05 F 11/00. № 2012148655/13. / Fominykh A.V., Ovchinnikov D.N., Ezdin D.P.; declared 15.11.2012; published by 10.09.2013, Bul. № 25. 9 c.
- 18 Ezdin D.P. Production vacuum evaporation plant for increasing the concentration of humic acids // *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2020. № 1 (33). Pp. 53-56.
- 19 Ovchinnikov D.N., Fomina S.V., Strekalovskikh N.S. The choice of a pump to create a vacuum in the evaporator // *Priority areas of energy development in the agro-industrial complex: materials of the I All-Russian Scientific and Practical Conference (September 28, 2017)*. Kurgan: Publishing House of the Kurgan State Agricultural Academy, 2017. Pp. 464-468.
- 20 Sokolov E.Ya., Zinger N.M. Jet devices: 3rd edition, processed. M.: Energoatomizdat, 1989. 352 p.
- 21 Spyridonov E.K. Liquid-gas jet pump designs. State and Prospects // *Bulletin of the South Ural State University. Series «Mechanical Engineering Industry»*. 2005. № 1. Pp. 94-104.
- 22 Production vacuum-evaporation unit for increasing humic suspension concentration / A.V. Fominykh [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: The International Scientific and Practical Conference Biotechnology in the Agro-Industrial Complex and Sustainable Environmental Management*. 2020. Vol. 613. C. 012035.
- 23 Software SolidWorks. [Electronic Resource]. - URL: <http://dugtor.ru/programmy/raznoe/45804-solidworks-premium-edition-2017-sp-41-multi-ru.html> - (case date 05.03.2018)