

Если принять $\alpha = \beta$, то получим следующее выражение:

$$G_{\text{доп.сц}} = \frac{c \cdot \Delta}{2r} [(r-a)\text{Cos}(\alpha) + (r+a)\text{Cos}(\alpha)] = \frac{c \cdot \Delta \cdot \text{Cos}(\alpha)}{2r} (r-a+r+a) =$$

$$= \frac{c \cdot \Delta \cdot \text{Cos}(\alpha)}{2r} \cdot 2r = c \cdot \Delta \cdot \text{Cos}(\alpha) = F_{\text{упр}} \cdot \text{Cos}(\alpha) \quad (15)$$

При действии дополнительного сцепного веса $G_{\text{доп.сц}}$ общий сцепной вес ведущих колес составит:

$$G_{\text{сц}} = G_{\text{сц,вед.колес}} + G_{\text{доп.сц}} \quad (16)$$

где $G_{\text{сц,вед.колес}}$ – сцепной вес ведущих колес без работы догрузателя.

Таким образом, использование автоматического догрузателя действительно повышает сцепной вес и снижает буксование машинно-тракторного агрегата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горшков Ю.Г. Повышение эффективности функционирования системы «Дифференциал – пневматический колесный движитель – несущая поверхность» мобильных машин сельскохозяйственного назначения. Диссертация докт. техн. наук / Ю.Г. Горшков. – Челябинск, 1999.

ТҰЖЫРЫМ

Машина-тракторлы агрегаттардың тарту күшін жақсарту үшін мақала авторларымен жаңа конструкция ұсынылады. Ұсынылған құралдың негізгі күштерінің және ара-қатынысының есептеулері берілген.

RESUME

In this article the construction of the automatic adhesion weight augmenting device for the wheel tractor aggregates passing ability and roadhold improvement is proposed. The article also contains the calculation of its main forces and dependences.

УДК 66.047.57:66.047.781.1

ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА ДЛЯ СУШКИ И ПОСЛЕДУЮЩЕГО ОХЛАЖДЕНИЯ СЕМЯН

АСАНКУЛОВ Н.А., к.т.н., СПАНДИЯРОВ Е.С., д.т.н., АДИБАЕВ А. А.

Таразкий государственный университет им. М.Х.Дулати

Проведена оценка эффективности работы комбинированного агрегата для сушки и последующего охлаждения семян на основе показателей эксергетического КПД, представляющего собой отношение эксергетических затрат на полезный эффект установки к полным эксергетическим затратам, направленным на достижение данного эффекта. Для снижения эксергетических затрат на процесс сушки необходимо утилизация тепла уходящего воздуха после охладителя, подавая его в теплогенератор, используя рециркуляцию обработавшего воздуха из охладителя.

Оценить эффективность работы установок для сушки семян можно на основе показателя эксергетической эффективности – эксергетического КПД, представляющего собой

отношение эксергетических затрат на полезный эффект установки к полным эксергетическим затратам, направленным на достижение данного эффекта. Чем выше эксергетический КПД, тем система термодинамически совершеннее, т.е. тем совершеннее работает комбинированный агрегат [1, 2]. Конкретное выражение и численное значение этого показателя зависит от особенностей анализируемого процесса, его назначения и видов энергетических потоков в нем.

Для снижения эксергетических затрат на процесс сушки необходима утилизация тепла уходящего воздуха после охладителя, подавая его в теплогенератор. Для удаления из сушильного контура пыли семян после охладителя в схему включают пылеуловитель. Технологическая схема с рециркуляцией обработавшего воздуха из охладителя приведена на рис. 1.

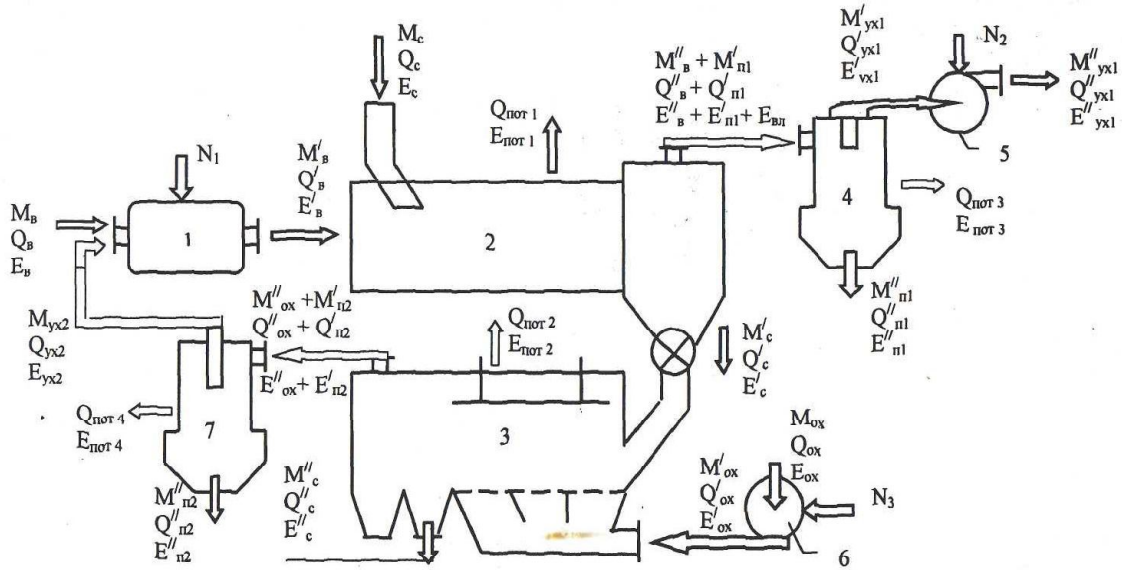


Рис.1. Схема материальных, тепловых и эксергетических потоков в комбинированном агрегате, работающем на воздухе с рециркуляцией теплоносителя

1 – теплогенератор, 2 – сушильный барабан, 3 – охладитель, 4, 7 – циклоны барабана и охладителя, 5, 6 – вентиляторы барабана и охладителя.

В соответствии с компоновкой этих установок их эксергетический баланс описывается уравнением:

$$E_B + E_{YX2} + E_C + E_{OX} + E_{N1} + E_{N2} + E_{N3} = E''_{YX1} + E''_C + E''_{П1} + E''_{П2} + \sum \Delta E \quad (1)$$

где: $E_B, E_{YX2}, E_C, E_{OX}, E_{N1}, E_{N2}, E_{N3}$ - соответственно эксергии, вносимые воздухом для сушки, семенами, воздухом для охлаждения, выделяемые при работе нагревателя и вентиляторов, кДж на 1 кг испаренной влаги; $E''_{YX1}, E''_{YX2}, E''_C, E''_{П1}, E''_{П2}, \sum \Delta E_{ПОТ}$ - соответственно эксергии воздуха, уходящего после сушки и охлаждения, семян после охлаждения, пыли семян после циклонов, а также сумма

эксергии, теряемая через корпуса установок, кДж на 1 кг испаренной влаги.

Рассмотрим каждый аппарат, входящий в комбинированный агрегат.

Эксергия воздуха, поступающего в теплогенератор из окружающей среды, равна нулю $E_B=0$. При использовании электрокалориферов для нагрева воздуха, эксергию, получаемую теплоносителем определяют по формуле:

$$\begin{aligned} \Delta E_B &= E_{Г} - E_B = E_{N1} - \sum \Delta E_{ПОТ} = h' - h'' - T_0 \cdot (S' - S'') + \Delta X \cdot (h_{ПО} - T_0 \cdot S_{ПО}) \\ &= C_{pm} \cdot (T_1 - T_2) - T_0 \cdot \left[C_B \cdot \left(\ln \frac{T}{273} - \ln \frac{T_0}{273} \right) - R_B \cdot \left(\ln \frac{P_B}{P} - \ln \frac{P_{BO}}{P} \right) \right] \end{aligned} \quad (2)$$

где E_{N1} - эксергия, отдаваемая теплогенератором, кДж/кг; $\sum \Delta E_{ПОТ}$ - потери эксергии, кДж/кг; h', h'' - соответственно энтальпии влажного воздуха до и после теплогенератора, кДж/кг; S', S'' - соответственно энтропии влажного воздуха до и после теплогенератора; $\Delta X = X' - X''$ - соответственно разность влагосодержания влажного воздуха после и до

теплогенератора, $\frac{\text{кг влаги}}{\text{кг сух. воздуха}}$; $h_{ПО}, S_{ПО}$

- соответственно энтальпия и энтропия пара при T_0 ; C_{pm} - средняя массовая изобарная теплоемкость воздуха в интервале температур; R_B - газовая постоянная воздуха.

Потери эксергии вследствие подсосов наружного воздуха из-за неплотности корпуса теплогенератора принимаются равными нулю (из-

за их незначительности). При использовании электрокалориферов эксергию, выделяемую в теплогенераторе, определяют из выражения:

$$E_N = \left[\frac{N}{M} - T_0 \cdot \left(C_0 \cdot \ln \frac{T}{T_0} - R_B \ln \frac{P_B}{P_{B0}} \right) \right] \cdot a \quad (3)$$

где N – мощность теплогенератора, кВт; M_B – расход воздуха через теплогенератор, кг/с; $a = \frac{M_B}{M_{\text{ВЛАГИ}}}$ – соотношение расхода воздуха и испаренной влаги; T_0, T – соответственно температура окружающей среды и температура воздуха в случае его в результате вращения

барабана; C_0, R_B – соответственно теплоемкость и газовая постоянная воздуха при температуре окружающей среды; P_{B0}, P_B – парциальные давления сухого воздуха при температуре T_0 и T .

Эксергетический КПД теплогенератора рассчитывается по формуле:

$$\eta_e^{\text{ТЕП}} = \frac{E_{\Gamma}}{E_B + E_{N1}} \quad (4)$$

Для определения эксергетического КПД сушильного барабана составим его полный эксергетический баланс:

$$E'_{N4} + E'_{\Gamma} + E'_C = E''_{\Gamma} + E'_C + E'_{\text{ВЛ}} + E'_{\text{П}} + \sum \Delta E'_{\text{ПОТ}} \quad (5)$$

где $E'_{\text{ВЛ}}$ – эксергия испаренной влаги; E'_{N4} – эксергия, подведенная к барабану в результате его вращения.

Эксергия теплоносителя на входе в барабан (E'_{Γ}) равняется эксергии теплоносителя на выходе из теплогенератора. Эксергию сушильного агента на выходе определяют при его

термодинамических параметрах на выходе из барабана. Эксергию испаренной влаги рассчитывают отдельно. Семена, поступающие на сушку в барабан, имеют температуру окружающей среды, их физическая эксергия $E'_C = 0$.

Сумма эксергетических потерь $\sum \Delta E'_{\text{ПОТ}}$ определяется по формуле [3]:

$$\sum \Delta E'_{\text{ПОТ}} = \Delta E'_{\text{ОС}} + \Delta E'_{\Gamma} + \Delta E'_{\text{НР}} + \Delta E'_{\text{СМ}} + \Delta E'_{\text{ВНЕШ}} + \Delta E'_{\text{ВН}} \quad (6)$$

где $\Delta E'_{\text{ОС}} = Q_{\text{ОС}} \cdot \left(1 - \frac{T_0}{T_{\text{СР}}} \right)$ – потери эксергии в окружающую среду через стенки барабана; $\Delta E'_{\Gamma} = T_0 \cdot R_{\text{С.А}} \cdot \left(1 + \frac{\Delta P}{P''} \right)$ – потери эксергии вследствие гидравлического сопротивления барабана;

$\Delta E'_{\text{НР}}, \Delta E'_{\text{СМ}}, \Delta E'_{\text{ВНЕШ}}, \Delta E'_{\text{ВН}}$ – соответственно потери эксергии вследствие подсосов наружного воздуха, необратимости процессов

смешения испаренной влаги с сушильным агентом, необратимости внешнего теплообмена и тепломассопереноса внутри семян.

Потери эксергии от смешения испаренной влаги и сушильного агента возникают вследствие того, что влага, диффузируя в газ, расширяется без совершения работы (этот процесс необратим). И поэтому общие потери эксергии от смешения определяются по формуле:

$$\Delta E'_{\text{СМ}} = T_0 \cdot \Delta S'_{\text{СМ}} \cdot (1 + X'') \cdot M'_B = T_0 \cdot R_{\text{СМ}} \cdot \left[\frac{m_B}{M'_B} \cdot \ln \frac{M'_B}{m_B \cdot M_{\text{СМ}}} + \frac{m_{\text{П}}}{M_{\text{П}}} \cdot \ln \frac{M_{\text{П}}}{m \cdot M_{\text{СМ}}} \right] \cdot (1 + X'') \cdot M'_B \quad (7)$$

где $\Delta S'_{\text{СМ}}$ – приращение энтропии при смешении влажного воздуха и паров влаги; X'' – влагосодержание воздуха после сушильного барабана; $R_{\text{СМ}}$ – газовая постоянная смеси влажного воздуха и паров влаги; $m_B, m_{\text{П}}$ – массовые доли влажного воздуха и паров влаги в смеси; $M'_B, M_{\text{П}}, M_{\text{СМ}}$ – соответственно массовый расход влажного воздуха, паров влаги и смеси.

Потери эксергии вследствие неравно-

мерности внутреннего тепломассопереноса ($\Delta E'_{\text{ВН}}$) незначительны, так как размеры семян очень малы, и поэтому перепад температуры и концентрации внутри семян не существенны. Поэтому потери эксергии вследствие неравномерности внутреннего тепломассопереноса в процессе сушки в барабане принимаем равными нулю. Потери эксергии вследствие внешнего тепло- и массообмена $\Delta E'_{\text{ВНЕШ}}$ рассчитываются по формуле:

$$\Delta E_{ВНЕШ} = (E_{N4} + E'_Г + E_C) + (E''_Г + E'_C + E_{ВЛ} + E'_{П1}) - \sum \Delta E'_{ПОТ} \quad (8)$$

Потери эксергии вследствие подсосов наружного воздуха (ΔE_{HP}) принимаются равными нулю, из-за их незначительности. При условии $E_C=0$, эксергетический КПД барабана определяется:

$$\eta_e^{суш} = \frac{E'_{исп}}{E'_Г + E_{N4}} = \frac{E'_{вл}}{E'_Г + E_{N4}} \quad (9)$$

Эксергетический баланс циклона для барабана имеет вид:

$$E''_Г + E_{ВЛ} + E'_{П1} = E'_{УХ1} + E''_{П1} + \sum \Delta E'_{ПОТ3} = E'_{УХ1} + E''_{П1} + \Delta E'_{OC} + \Delta E'_Г + \Delta E'_{HP} \quad (10)$$

где $E''_Г$ - эксергия влажного воздуха, поступающего в циклон.

при сушильном барабана, но только при параметрах циклона. Эксергия уходящего влажного воздуха:

Эти потери рассчитываются также как и

$$E'_{УХ} = E_B + X \cdot E_{П} = C_B \cdot (T'_{УХ1} - T_O) - T_O \cdot \left[C_B \cdot \ln \frac{T'_{УХ1}}{T_O} - R_B \cdot \ln \frac{P - \phi \cdot P_s(t)}{P_O - \phi_O \cdot P_O(t_O)} \right] + X \cdot [h_{П} - h_{ПО} - T_O \cdot (S_{П} - S_{ПО})] \quad (11)$$

где E_B , $E_{П}$ - соответственно, эксергии сухого воздуха и водяных паров; X - влагосодержание воздуха после циклона; C_B - массовая изобарная теплоемкость сухого воздуха; ϕ , ϕ_O - соответственно относительная влажность воздуха после циклона и в окружающей среде; P , P_O - полное давление воздуха после циклона и в окружающей среде; $P_s(t)$, $P_O(t_O)$ - давление насыщенного водяного пара при температуре воздуха после циклона и при температуре окружающей среды; $h_{П}$, $S_{П}$ - энтальпия и энтропия пара при параметрах влажного воздуха после циклона; h_O , S_O - энтальпия и энтропия пара при параметрах окружающей среды.

Эксергию пыли семян до и после циклона можно приравнять друг к другу при условиях, что пыль полностью улавливается в циклоне и их температуры практически равны. Тогда эксергетический КПД циклона:

$$\eta_e^{цик} = \frac{E''_e + E_{вл} - \sum \Delta E'_{ПОТ3}}{E''_e + E_{вл}} = \frac{E'_{УХ1}}{E''_e + E_{вл}} \quad (12)$$

Эксергетический КПД циклона для охладителя:

$$\eta_e^{цик} = \frac{E''_{OX} + E'_{П2} - \sum \Delta E'_{ПОТ4}}{E''_{OX} + E'_{П2}} \quad (13)$$

Эксергетический баланс вентилятора для барабана имеет вид:

$$E'_{УХ1} + E_{N2} = E''_{УХ2} + \sum \Delta E'_{ПОТ5} \quad (14)$$

где E_{N2} - эксергия, подведенная к влажному воздуху в результате повышения давления, осуществляемого вентилятором.

Вентилятор потребляет мощность N , часть из которой, равная $N \cdot \eta$ (η -КПД венти-

лятора) идет на повышение давления воздуха и, следовательно, на увеличение его эксергии. Эта эксергия равна работе, которую совершил бы сжатый воздух при изотермическом расширении:

$$E_{N2} = T'_{УХ} \cdot R_{ВЛ.В} \cdot \ln \frac{P''_{УХ}}{P'_{УХ}} \quad (15)$$

где $T'_{УХ}$ - температура влажного воздуха перед вентилятором; $R_{ВЛ.В}$ - газовая постоянная влажного воздуха; $P'_{УХ}$, $P''_{УХ}$ - соответственно давление влажного воздуха до и после вентилятора.

Суммарные эксергетические потери в вентиляторе:

$$\sum \Delta E'_{ПОТ} = E'_{УХ1} + E_{N2} - E''_{УХ1} \quad (16)$$

Эксергетический КПД вентилятора определяется по формуле:

$$\eta_e^{вен} = \frac{E''_{УХ1}}{E'_{УХ1} + E_{N2}} \quad (17)$$

Расчет эксергетических показателей для вентилятора охладителя такой же, как и для вентилятора сушилки, но здесь параметры воздуха на входе в вентилятор необходимо брать как для атмосферного воздуха. Тогда эксергетический КПД вентилятора:

$$\eta_e^{вен} = \frac{E'_{ex}}{E'_{ex} + E_{N3}} \quad (18)$$

Эксергетический баланс охладителя будет иметь вид:

$$E'_C + E'_{OX} = E''_{OX} + E'_{П2} + E''_C + \sum \Delta E'_{ПОТ2} \quad (19)$$

где E'_c, E''_c - соответственно, эксергия семян до и после охладителя; E'_{ox}, E''_{ox} - соответственно, эксергия воздуха до и после охладителя; $E'_{П2}$ - эксергия пыли семян; $\sum \Delta E_{ПOT2}$ - сумма потерь эксергии в охладителе.

Эксергия пыли семян ($E'_{П2}$) рассчитывается при параметрах семян после охладителя. Сумма эксергетических потерь в охладителе ($\sum \Delta E_{ПOT2}$) определяется по формуле:

$$\sum \Delta E_{ПOT2} = \Delta E_{O.C} + \Delta E_{Г} + \Delta E_{HP} + \Delta E_{ВНЕШ} + \Delta E_{ВНУТ} \quad (20)$$

Эти слагаемые эксергетических потерь рассчитываются так же, как при расчете барабана, но при термодинамических параметрах охладителя.

Тогда эксергетический КПД охладителя будет определяться по формуле:

$$\eta_e^{охл} = \frac{\Delta E_c^{охл}}{\Delta E_{ox} + E'_{П2} + \sum \Delta E_{ПOT2}} \quad (21)$$

Расчет эксергетических показателей для циклона охладителя проводится так же, как и для циклона барабанной сушилки, лишь с той разницей, что здесь влага отсутствует. Общий эксергетический КПД линий сушки составит:

$$\eta_e^{лсуш} = \eta_e^{мен} \cdot \eta_e^{к.с} \cdot \eta_e^{суш} \cdot \eta_e^{цикл} \cdot \eta_e^{ген1} \quad (22)$$

Общий эксергетический КПД линий

охлаждения составит:

$$\eta_e^{л.охл} = \eta_e^{ген1} \cdot \eta_e^{охл} \cdot \eta_e^{цикл1} \quad (23)$$

Для процесса сушки семян в комбинированном агрегате с рециркуляцией теплоносителя все уравнения будут одинаковые, кроме теплогенератора. Эксергетический КПД комбинированного агрегата с замкнутым циклом рассчитывается по формуле:

$$\eta_e = \eta_e^{мен} \cdot \eta_e^{к.с} \cdot \eta_e^{суш} \cdot \eta_e^{цикл1} \cdot \eta_e^{ген1} \cdot \eta_e^{ген2} \cdot \eta_e^{охл} \cdot \eta_e^{цикл2} \quad (24)$$

По предлагаемой методике были рассчитаны показатели эффективности работы комбинированного агрегата для сушки и последующего охлаждения зерна пшеницы. Результаты расчетов приведены в таблице.

Таблица. Эксергетические показатели эффективности работы комбинированного агрегата

Технологический процесс и оборудование	Эксергетический КПД η_e , %	
	без утилизации	с утилизацией
Линия сушки:		
теплогенератор	76,0	78,6
сушильный барабан	82,1	85,4
циклон	18,3	18,3
вентилятор	88,5	88,5
Линия охлаждения:		
охладитель	86,0	86,0
циклон	57,4	57,4
вентилятор	67,6	67,6
Комбинированный агрегат	88,5	88,5
	96,0	96,0
	43,6	45,2

Как видно из таблицы, эксергетический КПД в теплогенераторе выше при утилизации тепла отходящих газов из охладителя, чем без утилизации тепла. Самый низкий эксергетический КПД имеет сушильный барабан. Это объясняется тем, что в сушильном барабане протекают сложные процессы, требующие большие энергетические затраты. Полученные данные могут быть использованы в качестве методической основы для тепловой и энергетической оптимизации параметров технологических процессов и в целом агрегатов. Оценить энергетическую ценность различных потоков энергии и материалов в одинаковых единицах (через эксергию). Определять эффективность работы каждого отдельно взятого устройства,

действующего в составе линии, и тем самым воздействовать на них. Осуществлять сравнительный анализ различных методов сушки и типов сушильных агрегатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сажин Б.С., Булеков А.П. Эксергетический метод в химической технологии.- М.: Химия, 1992.- 205 с.
2. Бродянский В.М., Фраштер В., Михалек К. Эксергетический метод и его применение.- М.: Энергоатомиздат, 1988.- 288 с.
3. Бродянский В.М. // Теплоэнергетика. – 1989, № 1.- С. 63-66.

ТҰЖЫРЫМ

Қондырғының пайдалы тиімділігіне эксергетикалық шығының берілген тиімділікке қол жеткізуге бағытталған толық эксергетикалық шығынға қатынасын көрсететін эксергетикалық ПӘК көрсеткіштерінің негізінде тұқымдарды кептіру және салқындату үшін комбинирленген агрегат жұмысының тиімділігін бағалау жүргізілген. Кептіру үрдісіне эксергетикалық шығынды азайту үшін салқындатқыштан кейін кететін ауа жылуын салқындатқыштан өңделетін ауаны рециркуляциялауды пайдаланып жылу генераторына беру жолымен жою керек.

RESUME

Assessment of the effectiveness of the combined unit for drying and subsequent seed based on the measurement of the exergy efficiency, which is the ratio of exergetic cost of the useful effect the installation to complete exergy cost to achieve this effect. To reduce the exergetic cost of the drying process should waste heat of the outgoing air after cooler, giving it to the heat generator using recycled treated air from the cooler

УДК 637.4:637.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАДАЧИ ТРЕХМЕРНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

МОЛДАХМЕТОВА З.К., к.т.н.

Костанайский государственный университет им. А. Байтурсынова

Для определения количества вводимого биологически активного препарата была определена ВСС (влагосвязывающая способность) фарша вареной колбасы. Зависимость фарша вареной колбасы от количества вводимого препарата и от времени куттерования определяли с использованием метода трехмерной интерполяции в системе Mathcad.

Введение биологически активного препарата при замене основного сырья в исследуемую вареную колбасу «Конская» должно вызывать изменение всех функционально-технологических и структурно-механических свойств фарша и соответственно качественных показателей готового изделия. Поэтому для определения оптимальной рецептуры комбинированной вареной

колбасы с биологическим активным препаратом были проведены исследования по изучению влияния количества вводимого препарата на качество фарша и готовой колбасы.

Ввиду того, что ВСС фарша зависит не только от количества вводимого препарата, но и от времени куттерования, был проведен эксперимент по установлению этой зависимости. При этом использовался метод трехмерной интерполяции в системе Mathcad, где решение данной задачи проводилось графическим методом, и матрица экспериментальных точек при интерполяции выражалась в виде поверхности [1,2].

В результате был получен график, с помощью которого можно определить значение ВСС в любой точке внутри рассматриваемого диапазона изменения аргументов, в нашем случае времени куттерования и количества вносимого препарата в соответствии с рисунком 1.

Из графика видно, что максимальное значение ВСС достигается при внесении около 20% БАП и продолжительности куттерования около 6 минут.

Установлено, что использование меланжа и пшеничной муки в составе биологически активного препарата способствует повышению влагосвязывающей способности фарша, вследствие структурных превращений белковых молекул. Введение жира в состав биологически активного препарата увеличивает содержание внутримышечного жира, тем самым, повышая влагоудерживающую способность.

Графическое определение зависимости ВСС колбасного фарша от количества биологически активного препарата и времени куттерования.

На первом этапе расчета вводим экспериментальные данные. Координаты экспериментальных точек представляем в виде соответствующих матриц. Матрицы – столбцы заполняем значениями БАП и т, квадратные матрицы заполняем значениями ВСС.