проведенные расчеты и анализ показали высокую эффективность предложенного метода

ОМП при использовании критериев в начале и в конце линии одновременно.

V. Soldatov, V. Zakharov

DEVELOPMENT OF CRITERIA FOR DETERMINING THE FAULT LOCALIZATION IN A 35 KV NETWORK

Key words: *determination of the fault localization; criteria; electrical network; error; 35 kV feeder.*

Authors' personal details

1. **Valeriy Soldatov**, Doctor of Technical Sciences, the head of the department of information technologies in power industry, Kostroma State Agrarian Academy, 156530, Kostroma region, Kostroma area, settlement of Karavayevo, Educational town, 34, e-mail: soldmel@rambler.ru.

2. **Viacheslav Zakharov**, Post-graduate student the department of information technologies in power industry, Kostroma State Agrarian Academy, 156530, Kostroma region, Kostroma area, settlement of Karavayevo, Educational town, 34, e-mail: zaxarovsw1995@mail.ru.

The effective methods and instruments for determining the fault localization for networks of 110 kV and higher have been developed. However, they are not effective for 6–10–35 kV networks due to the short line lengths and disconnecting capacities and do not allow to determine the modes with earth faults and breaks. Therefore, for networks of 6–10–35 kV, it is necessary to develop their own remote methods and weapons of mass destruction. In this paper, the fault localization (FL) method for 35 kV networks extending from a three-winding supply transformer is proposed and investigated. In this case, three cases were considered: when using voltages and currents at the beginning of the line, at the end of the line, and at the beginning and at the end of the line. For all three cases, empirical criteria are found that depend on currents and voltages. In

the numerator of the formulas of the criteria, voltages and currents increasing during the movement of the accident point were placed, and in the denominator – decreasing. It is shown that, with errors, the FL are proportional to the errors in measuring voltages and currents. With a measurement error of $\pm 5\%$, the errors of the FL are from 0,02 to 5 %, except for double-phase short circuit modes and the double earth fault modes with a short line length of 10 km. With a measurement error of $\pm 0,5\%$, the errors of the FL are from 0,002 to 1,8 %, except for the double earth fault modes with a short line length of 10 km. Thus, the calculations and analysis showed the high efficiency of the proposed FL method when using criteria at the beginning and at the end of the line at the same time.

© Солдатов В.А., Захаров В.С.

УДК 62-837:631

DOI: 10.31563/1684-7628-2020-54-2-131-138

М.Ф. Туктаров, В.Г. Байназаров, Р.Ф. Махмутов, Р.Б. Яруллин

УПРАВЛЕНИЕ ЛИНЕЙНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Ключевые слова: *зерноочистительная машина; цилиндрический электропривод; тензорезисторный датчик; система управления; траектория движения.*

Введение. В настоящее время известны различные виды конструкций линейных электроприводов зерноочистительных машин (далее – ЛЭП ЗМ) с использованием цилиндрического линейного асинхронного двигателя (далее –

ЦЛАД) [1, 3]. Они обладают общим для всех преимуществом – упрощением приводного узла зерноочистительной машины за счет сообщения рабочему органу (решетному стану) прямолинейного движения непосредственно от электро-

двигателя ввиду отсутствия передач различного типа. При этом колебания решетного стана реализуются путем одновременного использования работы ЛАД в режиме прерывания (отключения – включения) и упругих элементов (далее – УЭ), выполняющих функцию накопителя потенциальной энергии, возникающей при их деформации (сжатие и растяжение). Потенциальная энергия УЭ при прерывании работы ЛАД переходит в кинетическую энергию решетного стана (далее – РС), заставляя его изменить направление движения на обратное. Ускорение и амплитуда колебаний РС в этом случае зависит не только от жесткости УЭ и силы тяги электродвигателя, но и от массы РС и зернового материала, находящегося на нем, при этом последний имеет переменное значение. Итогом является приобретение ускорением и амплитудой колебания РС переменного характера [2], приводящее к ухудшению эффективности сепарирования зернового материала и усложнению управления колебательным процессом РС в автоколебательном режиме [9]. В соответствии с этим необходимо разработать систему управления электроприводом зерноочистительной машины с ЦЛАД, решающую вышеотмеченную проблему.

Цель и задачи исследования – повышение эффективности работы ЛЭП ЗМ с ЦЛАД. Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Описать схему сил, действующих на РС и зерновой материал.

2. Разработать систему управления ЛЭП ЗМ с ЦЛАД, учитывающую изменение массы зернового материала на поверхности РС и тем самым позволяющую обеспечивать изменение ускорения и амплитуды колебания РС в допустимых пределах.

3. Провести теоретическое исследование работы ЛЭП ЗМ с ЦЛАД.

Материалы и методы исследования.

Функционирование существующего электропривода ЗМ осуществляется в двух режимах: в автоколебательном и в режиме вынужденных колебаний [5]. Среди них наиболее энергоэффективным является автоколебательный режим работы электропривода. Однако для решения проблемы влияния изменяющейся со временем массы находящегося на РС очищаемого зернового материала на ускорение и амплитуду колебания РС требуется разработать систему управления электроприводом, которая позволяет автоматически регулировать силу тяги ЛАД на основе поступающих данных с датчика обратной связи и обладает возможностью постоянного слежения за изменяющейся массой зернового материала на РС. На рисунке 1 представлена структурная схема предлагаемой системы управления ЛЭП ЗМ с ЦЛАД, разрабатываемой для экспериментальной установки [8].

Рисунок 1

Структурная схема системы управления электроприводом зерноочистительной машины:

СК – симисторный коммутатор; ЦЛАД-РС – цилиндрический линейный асинхронный двигатель – решетный стан;

УУ – устройство управления; ДТР – датчик тензорезистивный; $U_{ск}$ – напряжение на выходе СК;

M – физическая величина массы; m – величина массы, преобразованная в аналоговый сигнал

Предлагаемая система управления ЛЭП ЗМ ЦЛАД работает следующим образом. При нажатии кнопки «Пуск» устройство управления (УУ) считывает поступающие данные (масса решетного стана $m_{рс}$ с зерновым материалом $m_{зер}$) с тензорезистивного датчика (ДТР) и формирует по ним управляющий сигнал Q . Управляющий сигнал Q осуществляет фазовое регулирование напряжения, и следовательно, регулирование силы тяги ЦЛАД $F_{ЦЛАД}$. В качестве источника данных о массе зернового материала на РС предложено использовать 4 тензорезистивных дат-

чика CAS HBB, устанавливаемых между основанием и гибкими подвесами [8]. Таким образом, обеспечивается постоянный контроль значения массы РС с зерновым материалом в четырех крайних точках решета. Кроме этого, появляется возможность реализации автоматического отключения установки при возникновении сгуживания зернового материала либо при его отсутствии на РС.

С целью определения требуемой величины силы тяги электродвигателя $F_{ЦЛАД}$, которую необходимо периодически прикладывать к РС

для поддержания его максимального ускорения $a_{\max}$ в неизменном состоянии, нами проведены экспериментальные исследования [8], результаты которых представлены на рисунке 2. Как видно, с увеличением массы РС с зерновым материалом m повышается необходимая величина силы тяги ЦЛАД $F_{\text{ЦЛАД}}$.

В системе управления ЛЭП ЗМ с ЦЛАД используется нечеткий регулятор, который анализирует поступающие к нему данные и формирует управляющий сигнал Q [7]. При реализации нечеткого регулятора используются результаты экспериментальных исследований (рису-

нок 2), на основе которых сформированы база знаний и функции принадлежности двух входных и одного выходного параметра [7]:

- величина Δm , характеризующая отклонение массы решетного стана $m_{\text{рс}}$ с зерновым материалом $m_{\text{зер}}$ от заданного значения массы $m_{\text{зад}}$ ($\Delta m = m_{\text{зад}} - m_{\text{рс}} - m_{\text{зер}}$);
- скорость V_m изменения величины Δm ($V_m = \int \Delta m$);
- управляющий сигнал Q , регулирующий величину подаваемого напряжения $U_{\text{ск}}$ на вход ЦЛАД.

Рисунок 2

Зависимость величины силы тяги ЦЛАД $F_{\text{ЦЛАД}}$ от массы РС с зерновым материалом m при разных неизменных значениях максимальных ускорений $a_{\max}$ РС: 1 – $a_{\max} = 8$ м/с²; 2 – $a_{\max} = 10$ м/с²; 3 – $a_{\max} = 12$ м/с²; 4 – $a_{\max} = 14$ м/с²; 5 – $a_{\max} = 16$ м/с²; 6 – $a_{\max} = 18$ м/с²

Нечеткий вывод в регуляторе (процедура перевода числовых значений входных параметров в лингвистические значения с последующим нахождением лингвистического значения выходного параметра и соответственно его числового значения) осуществляется на основе алгоритма Мамдани [7].

Для дополнительного повышения эффективности работы ЛЭП ЗМ с ЦЛАД предлагается сместить ось вторичного элемента ЛАД на некоторый угол γ относительно продольной оси РС в плоскости РС. Кроме этого, взамен одного ЦЛАД, установленного только с одной стороны РС, предлагается установить два ЦЛАД, расположенных по обе стороны РС. Данные технические решения в совокупности позволяют реализовать колебание РС не только в продольном, но и в поперечном направлении, тем самым обеспечив сложное колебательное движение [5, 6].

На рисунке 7 представлена схема сил, действующих на РС и зерновую частицу [4]. При подаче системой управления напряжения питания на индуктор ЛАД возникает сила тяги ЦЛАД $F_{\text{ЦЛАД}}$, создающая перемещение РС по осям OX и OY . В данной схеме используются 3 декартовы системы координат, точки начала которых расположены: в индукторе 6 OXY , во

вторичном элементе 7 $O'X'Y'$ и в решетном стане 1 $O''X''Y''$. Причем системы $O'X'Y'$ и $O''X''Y''$ смещены относительно системы OXY на $\alpha = 7^\circ$. По оси OX на решетный стан 1 действует сила F_x , являющаяся проекцией силы тяги ЦЛАД $F_{\text{ЦЛАД}}$ ($F_x = F_{\text{ЦЛАД}} \cdot \cos \gamma$). Ей противодействуют сила деформированных упругих элементов 3, 4 $F_{k,x}$, сила инерции РС $F_{\text{рс},x}$, сила трения зерна о поверхность РС $F_{\text{тр.з.х}}$, сила сопротивления упругих подвесок 8 $F_{\text{подв.х}}$.

По оси OY действуют аналогичные силы (не указаны на рисунке 7), при этом $F_y = F_{\text{ЦЛАД}} \cdot \sin \gamma$.

Зерноочистительная машина работает следующим образом. Блок управления (на рисунке 7 не показан) подключает индуктор 6 ЦЛАД к источнику питания, при этом на индукторе создается бегущее электромагнитное поле. Взаимодействие бегущего электромагнитного поля индуктора 6 с вторичным элементом 7 заставляет последний двигаться в направлении действия силы $F_{\text{ЦЛАД}}$. Одновременно с этим возникают силы F_x и F_y . Решетный стан 1, шарнирно связанный с вторичным элементом 7, при включении ЦЛАД под действием сил F_y и F_x приходит в поступательное движение по осям OX и OY , при этом упругие элементы 3 и 4 деформируются. В какой-то момент времени происходит

отключение индуктора ЦЛАД от источника питания. Под действием потенциальной энергии, накопленной в упругих элементах 3 и 4, решетный стан совершает возврат в исходное состояние. При этом в момент торможения решетного стана происходит инерционное перемещение по его поверхности подаваемого из бункера (на ри-

сунке 7 не показан) зернового материала, что обеспечивается правильным подбором жесткости упругих элементов. Далее описанный процесс повторяется. Таким образом, РС совершает возвратно-поступательное движение с поперечными колебаниями.

Рисунок 7

Схема сил, действующих на РС и зерновой материал: 1 – решетный стан; 2 – зерновой материал; 3, 4 – упругий элемент; 5 – шарнир; 6 – индуктор ЛАД; 7 – вторичный элемент ЛАД; 8 – упругая подвеска; 9 – датчик тензорезистивный; m_3 – масса зерна; $m_{рс}$ – масса решетного стана; $N_{подв}$ – сила реакции опоры

Результаты исследования. Проведены теоретические исследования ЛЭП ЗМ с ЦЛАД в среде визуального моделирования MATLAB/SIMULINK, целью которых является определение рациональных конструктивных параметров электропривода.

Основными уравнениями при математическом моделировании являются уравнение динамики колебательного линейного электропривода и уравнение движения материальной точки по колеблющейся поверхности:

$$\begin{cases} a = \frac{F_{ЦЛАД} \cdot \cos \gamma - F_{к.х} - F'_{тр.з.х} \cdot \cos \alpha}{m_{рс}}; \\ V = \int_0^T a \cdot dt, x_{р.с.} = \int_0^T V \cdot dt; \\ F'_{тр.з.х} = N_3 \cdot f_3 = m_3 g \cos \alpha + m_3 g f_3 \tan \alpha; \\ V'_3 = \int_0^T a'_3 \cdot dt, x'_3 = \int_0^T V'_3 \cdot dt, \end{cases} \quad (1)$$

где a , V , $x_{р.с.}$ – соответственно ускорение, скорость и координата перемещения решетного стана по оси OX , м/с^2 , м/с , м ; x'_3 , V'_3 , a'_3 – соответственно ускорение, скорость и координата перемещения зерновой частицы по оси $O'X'$, м/с^2 , м/с , м ; T – время моделирования, с .

Проведены исследования с одним и двумя установленными ЦЛАД (суммарная мощность электродвигателей в случае двух ЦЛАД равна мощности одного ЦЛАД) (рисунок 7) и по полученным результатам построены зависимости мощности ЦЛАД P от коэффициента жесткости упругих элементов $P = f(C_1)$ при неизменной амплитуде A колебаний, длительности $t_{\text{длит}}$ включенного состояния ЦЛАД к источнику питания, частоте колебаний РС $f_{\text{кол.р.с.}}$ и сохранении траектории сложного движения РС.

Рисунок 7
Зависимость мощности ЦЛАД от коэффициента жесткости упругих элементов $P = f(C_1)$

Согласно приведенной зависимости $P = f(C_1)$, при использовании одного ЦЛАД потребляемая мощность P электродвигателя выше, чем при использовании двух ЦЛАД, и возрастает с увеличением коэффициента жесткости упругих элементов C_1 . При использовании одного ЦЛАД его потребляемая мощность равна потребляемой мощности существующего электропривода ЗМ на основе плоского ЛАД [2], соответственно применение одновременно двух ЦЛАД позволяет снизить потребление электроэнергии.

Теоретические исследования ЛЭП ЗМ с ЦЛАД в среде визуального моделирования MATLAB/SIMULINK показали, что при изменении массы зернового материала на РС предложенная система управления осуществляет качественное регулирование силы тяги электродвигателя (рисунок 8) с постоянным значением ускорения РС a_{pc} , при этом представленная на

рисунке 9 полученная траектория движения РС при угле смещения $\gamma = 16^\circ$ наглядно демонстрирует предположение о сложности получаемого колебательного движения.

Из рисунка 9 следует, что при $\gamma = 16^\circ$ амплитуда поперечного колебания решетного стана составляет значение $Y_{\text{pc}} = 2$ мм, а амплитуда продольного колебания решетного стана равна $X_{\text{pc}} = 14,5$ мм.

Экспериментально также установлено, что при расположении вторичных элементов двух ЦЛАД относительно продольной оси решета под углом $\gamma = 16^\circ$ (смещение оси вторичного элемента ЛАД) наблюдается наилучший результат эффективности выделения сорных примесей из зернового материала $E = 82,5\%$ (рисунок 10). При этом отмечено, что дальнейшее повышение угла приводит к сгужению зернового материала на РС.

Рисунок 8
Графическая зависимость регулирования силы тяги электродвигателя при изменении массы зернового материала $m_{\text{зер}}$ на РС с поддержанием ускорения РС $a_{\text{pc}} = \text{const}$

Рисунок 9
Траектории движения решетного стана

Рисунок 10
Эффективность выделения сорных примесей из зернового материала E в зависимости от угла смещения γ при неизменных остальных параметрах режима очистки

Выводы. 1. Предложена система управления линейным электроприводом ЗМ, осуществляющая регулирование силы тяги электродвигателя при изменении массы зернового материала на РС.

2. Описана схема сил, действующих на РС и зерновой материал.

3. Проведено исследование ЛЭП ЗМ с ЦЛАД со смещенной осью вторичного элемента ЛАД на некоторый угол γ относительно про-

дольной оси РС. Проведенное исследование показало, что предлагаемая конструкция линейного электропривода при своей работе позволяет реализовать продольное и поперечное колебания решета с амплитудой $Y_{PC} = 2$ мм и $X_{PC} = 14,5$ мм в случае смещения оси вторичного элемента ЛАД на угол $\gamma = 16^\circ$ относительно продольной оси решетного стана, при этом эффективность выделения сорных примесей из зернового материала составляет $E = 82,5 \%$.

Библиографический список

1. Аипов, Р.С. Линейные электрические машины и линейные асинхронные электроприводы технологических машин [Текст]: монография / Р.С. Аипов, А.В. Линенко. Уфа: Башкирский ГАУ, 2013. 308 с.

2. Aipov R.S., Yarullin R.B., Gabitov I.I., Mudarisov S.G., Linenko A.V., Farhshatov M.N.,

Khasanov E.R., Gabdrafiykov F.Z., Yukhin G.P. and Galiullin R.R., 2018. Mechatronic System Linear Swing Vibrating Screen of a Grain Cleaner. Journal of Engineering and Applied Sciences, 13: 6473–6477. DOI: 10.3923/jeasci.2018.6473.6477.

3. Линенко, А.В. Линейные асинхронные электроприводы сложного колебательного дви-

жения для технологических машин АПК [Текст]: учебник / А.В. Линенко. Уфа: Башкирский ГАУ, 2015. 184 с.

4. Линенко, А.В. Математическая модель инерционного движения материала в установках с линейным электроприводом [Текст] / А.В. Линенко // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2013. № 1 (25). С. 83–86.

5. Линенко, А.В. Принципы построения и расчет линейных асинхронных электроприводов сложного колебательного движения для технологических машин АПК [Текст] / А.В. Линенко, Т.И. Камалов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2015. Т. 11. № 3. С. 44–49.

6. Окопный, Ю.А. Колебания линейных систем [Текст]: учеб. пособие / Ю.А. Окопный, В.П. Радин, В.П. Чирков. М.: Спектр, 2014. 432 с.

7. Туктаров, М.Ф. Система управления линейным электроприводом зерноочистительной машины с нечетким регулятором [Текст] / М.Ф. Туктаров, В.Г. Байназаров // Материалы Международной молодежной научно-практической конференции. Ч. II. Уфа: Башкирский ГАУ, 2016. С. 123–126.

8. Туктаров, М.Ф. Экспериментальные исследования работы линейного электропривода решетного стана зерноочистительной установки [Текст] / М.Ф. Туктаров // Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Ижевск: ИжГСХА, 2011. С. 197–201.

9. Туктаров, М.Ф. Эксплуатационная оценка надежности линейного электропривода зерноочистительной машины [Текст] / М.Ф. Туктаров, С.В. Фефелова, Ф.Р. Сафин // Материалы Всероссийской научно-практической конференции в рамках Весеннего форума ЖКХ и строительства. Уфа: Башкирский ГАУ, 2019. С. 105–109.

Сведения об авторах

1. **Туктаров Марат Фанисович**, кандидат технических наук, доцент кафедры электрических машин и электрооборудования, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: Marat.TukZar@yandex.ru.

2. **Байназаров Валинур Галинурович**, инженер-исследователь научно-образовательного центра, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: Baynazv@mail.ru.

3. **Махматов Руслан Фанзилович**, магистр кафедры электрических машин и электрооборудования, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: +7 (347) 252-66-10, e-mail: Ruslanmaha@mail.ru.

4. **Яруллин Ринат Бариевич**, доктор технических наук, профессор кафедры машин, аппаратов, приборов и технологии сервиса, Институт экономики и сервиса ФГБОУ ВО Уфимский ГНТУ, г. Уфа, ул. Чернышевского, 145, тел.: +7 (347) 252-08-06, e-mail: Rin.yarullin@yandex.ru.

В статье рассматривается система управления цилиндрическим линейным электроприводом зерноочистительной машины, позволяющая регулировать силу тяги электродвигателя при изменении массы зернового материала, находя-

щегося на поверхности решетного стана. Представлены результаты теоретического исследования цилиндрического линейного электропривода.

M. Tuktarov, V. Baynazarov, R. Makhmutov, R. Yarullin

CONTROL OF THE LINEAR ELECTRIC DRIVE OF THE GRAIN CLEANING MACHINE

Key words: grain cleaning machine; cylindrical electric drive; strain gauge; control system; trajectory of motion.

Authors' personal details

1. **Marat Tuktarov**, Ph. D., associate Professor of department is electric machines and electrical equipment, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: Marat.TukZar@yandex.ru.

2. **Valinur Baynazarov**, research engineer of the scientific and educational center, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: Baynazv@mail.ru.

3. **Ruslan Makhmutov**, master of department is electric machines and electrical equipment, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, phone: +7 (347) 252-66-10, e-mail: Ruslanmaha@mail.ru.

4. **Rinat Yarullin**, Doctor of Technical Sciences, Professor of department is machines, devices, instruments and service technology Institute of Economics and Service Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Chernyshevsky st., 145, phone: +7 (347) 252-08-06, e-mail: Rin.yarullin@yandex.ru.

The article discusses the control system of a cylindrical linear electric drive of a grain cleaning machine, which allows to adjust the traction force of the electric motor when changing the mass of grain

material located on the surface of the sieve. The results of a theoretical study of a cylindrical linear electric drive are presented.

© Туктаров М.Ф., Байназаров В.Г., Махмутов Р.Ф. Яруллин, Р.Б.

УДК 621.362.1

DOI: 10.31563/1684-7628-2020-54-2-138-143

Ф.Ф. Хабилов, В.С. Вохмин

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОДУЛЯ В ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ РЕКУПЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

Ключевые слова: *система вентиляции; энергоэффективность; тепловые потери; пластинчатый рекуператор; термоэлектрический преобразователь.*

Введение. Актуальность проблемы энергосбережения в настоящее время становится все более масштабной и существенной. При проектировании и строительстве современных зданий и сооружений особое внимание уделяется не только их комфортности, но и функциональности. Не менее важно учитывать энергоэффективность оборудования и конструкции. Это связано с большим вниманием к проблемам сохранения окружающей среды, а также существенной финансовой экономией, которой можно добиться, оптимизируя расход энергоресурсов. Научно-технический прогресс современного производства также направлен на повышение энергетической эффективности общего производства, т. е. имеет энергосберегающую направленность [3, 4].

Всем известно, что часть энергоресурсов, направляемых поставщиками, расходуется на отопление, вентиляцию, кондиционирование воздуха и горячее водоснабжение административных зданий, производственных и сельскохозяйственных сооружений. Поэтому снижение расходов энергии в системах инженерного обеспечения зданий является актуальным вопросом.

Существуют различные способы и технологии снижения тепловых потерь в системах вентиляции воздуха. И, как показывает практика, к одним из наиболее эффективных способов можно отнести применение рекуператоров теп-

лоты. Данные устройства широко используются в приточно-вытяжных установках. Применяемые рекуператоры бывают разных типов, как-то: роторные, пластинчатые и камерные.

Главными недостатками таких устройств являются стоимость и неспециализированность под применение в сельском хозяйстве, так как большая часть выпускаемого оборудования производится и модернизируется для частных и промышленных потребителей [1].

Цель исследования. Определение целесообразности использования термоэлектрических модулей в конструкции пластинчатого рекуператора для возможности регулирования температуры воздушной смеси в помещении предприятий АПК.

Материалы и методы исследования. Использование применяемых энергосберегающих устройств повышает энергоэффективность вентиляционного оборудования в целом, но хотелось бы повысить их функциональность. Поэтому, исходя из анализа современных энергоэффективных систем и средств, был сделан акцент на интеграцию альтернативных источников энергии. В нашем случае к ним можно отнести термоэлектрический преобразователь, принцип работы которого основывается на разности подводимых к его поверхности температур. При подводе источника теплоты с одной стороны пластины и охлаждении с другой создается пе-