

№ 1 (13) - 2022

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ

ВЕСТНИК:

ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В АПК



www.texvestnik.ru

ФЕВРАЛЬ | № 1 (13) - 2022

Редакционный совет:

Главный научный редактор: к.т.н., доцент, Новопашин Леонид Алексеевич
Заместитель главного научного редактора: к.э.н., доцент, Юсупов Мамед Лечиевич
Ученый секретарь: Садов Артём Александрович

Редколлегия:

- д.т.н., профессор-Баймухамедов М.Ф. (Казахстан, г. Костанай);
- д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки и образования РАЕ - Носырев М.Б. (г. Екатеринбург);
- д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ -Зорин В.А. (г. Москва);
- д.т.н., профессор, почетный работник науки и техники РФ - Барбин Н.М. (г. Екатеринбург);
- д.т.н., доцент - Шепелёв С.Д. (г. Челябинск);
- д.т.н., доцент - Баженов Е.Е. (г. Москва);
- д.т.н., профессор, заслуженный энергетик России, действительный член Международной энергетической академии- Щеклеин С.Е. (г. Екатеринбург)
- д.т.н., профессор - Охотников Б.Л. (г. Екатеринбург);
- д.т.н., профессор - Минухин Л.А. (г. Екатеринбург);
- д.т.н., профессор - Пищиков Г.Б. (г. Екатеринбург);
- д.т.н., профессор – Кольга А.Д. (г. Екатеринбург).
- д.э.н., профессор – Набоков В.И. (г. Екатеринбург).
- д.э.н., доцент – Рушицкая О.А. (г. Екатеринбург).
- д.э.н., доцент – Чупина И.П. главный научный сотрудник Научно-исследовательского института аграрно-экологических проблем и управления сельским хозяйством (г. Екатеринбург).

Учредитель и издатель: ФГБОУ ВО Уральский ГАУ

Адрес учредителя и редакции: 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42

Телефоны:

Гл. редактор 8-922-222-7095;

Зам. гл. редактора 8-912-600-95-55;

Ответственный секретарь 8-996-187-97-31;

Отдел научных материалов: 8-996-187-97-31;

Е-mail для материалов: artemsadov@ya.ru или

texvestnik@gmail.com

К сведению авторов

1. Представляемые статьи должны содержать результаты научных исследований, готовые для использования в практической работе специалистов сельского хозяйства, либо представлять для них познавательный интерес (исторические материалы и др.).

2. Структура представляемого материала в целом должна выглядеть так:

- Рубрика;
- УДК;
- Код ВАК
- заголовок статьи (на русском языке);
- Ф. И. О. (на русском языке);
- Место работы (на русском языке);
- *E-mail;

— расширенная аннотация — 150–250 слов (на русском языке);

— ключевые слова (на русском языке);

— заголовок статьи (на английском языке);

— Ф. И. О. (на английском языке);

— Место работы (на английском языке);

— *E-mail;

— расширенная аннотация — 150–250 слов (на английском языке);

— ключевые слова (на английском языке);

— собственно текст (необходимо выделить заголовками в тексте разделы: «Введение», «Цель и методика исследований», «Результаты исследований», «Выводы и рекомендации»);

— список литературы, использованных источников (на русском языке);

— список литературы, использованных источников (на английском языке).

3. Линии графиков и рисунков в файле должны быть сгруппированы. Таблицы представляются в формате Word. Формулы — в стандартном редакторе формул Word, структурные химические в ISIS / Draw или сканированные, диаграммы в Excel. Иллюстрации вставляются в текст публикации.

4. Литература на русском и английском языке должна быть оформлена в виде общего списка, в тексте указывается ссылка с номером. Библиографический список оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.

5. Перед публикацией редакция направляет материалы на дополнительное рецензирование в ведущие вузы и НИИ соответствующего профиля по всей России.

6. На публикацию представляемых в редакцию материалов требуется письменное разрешение организации, на средства которой проводилась работа, если авторские права принадлежат ей.

7. Авторы представляют статью в электронном виде — 1 экземпляр, Размер шрифта — 12, интервал — 1,5, гарнитура — TimesNewRoman;

Содержание

Процессы и машины агроинженерных систем

1. Experimental research on the linear synchronization characteristics of self-propelled boom sprayers **Wen Haojun, Liu Xinyue, Wang Guoliang** 4
2. Разработка модуля управления гидропоники барабанного типа на базе arduino **А.А. Садов, С.И. Бобков**..... 19
3. Эксплуатационные свойства тракторов белорусского и китайского производства на примере: БЕЛАРУС 923.3 и ZOOMLION RN904 **Г.А. Иовлев, И.И. Голдина** 25
4. Получение заменителя грудного молока методом мембранной дифференциации с последующей интеграцией необходимых компонентов **В.А. Зубрицкий, В.А. Тимкин**..... 36
5. Структурный каркас упругости, деформация и релаксация биотехнологической системы **Панков Ю.В, Минухин Л.А., Садов А.А., Новопащин Л.А.**..... 42

Машиностроение

6. Разработка геометрической модели манипулятора **Н.Н.Эльяш**..... 53
7. Повышение эффективности работы запорно-регулирующей арматуры в системах водоснабжения сельскохозяйственных предприятий **А.Д.Кольга, В. А. Александров, Л.Б.Сагатова**..... 60

Транспорт

8. Эксплуатация современных гусеничных тракторов в сельскохозяйственном производстве Казахстана **С.И. Бобков, А.А. Садов** 68

Экономика АПК

9. Геномные исследования: правовой и экономический аспекты **М. А. Хомякова**75
10. Состояние и проблемы развития сельского хозяйства в Свердловской области **С.В. Радионова, С.В. Петрякова, Н.Б. Фатеева, Н.А. Алимарданова** 81

EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE LINEAR SYNCHRONIZATION CHARACTERISTICS OF SELF-PROPELLED BOOM SPRAYERS

Wen Haojun^{*1,2}, Liu Xinyue¹, Wang Guoliang¹

¹College of Mechanical and Electrical Engineering, Shihezi University, Shihezi Xinjiang China 832000;

²Key Laboratory of Northwest Agricultural Equipment of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shihezi University, Shihezi Xinjiang China 832000.

*Email: 547273950@qq.com

Abstract. In this paper, a hydraulic drive system that utilizes a RTM valve is proposed to address the problem that self-propelled sprayers with a high ground clearance are prone to drift when driving in a straight line due in part to its large weight, high ground clearance and complex working conditions. Through a theoretical analysis of the impact of the RTM valve in the hydraulic system on the linear synchronization of the sprayer, a mathematical model of the hydraulic system is established, and the hydraulic system is simulated using the simulation software AMESim. According to the experimental results, under different load conditions, the speed errors are 2r/min and 105r/min respectively when the RTM valve is open and when it is closed, suggesting that the hydraulic drive system that has a RTM valve has clearly better synchronization than the one not having a RTM valve. To verify the reliability of the simulation results, a real vehicle test platform for the hydraulic drive system is built to conduct four-wheel speed tests. In the random test of driving sprayers in a straight line in the field, it is found that the maximum synchronous speed error is 5r/min, which meets the hydraulic drive requirements and verifies the responsiveness, accuracy and stability of the hydraulic drive system designed.

Keywords: self-propelled boom sprayer; hydraulic drive system; synchronization; AMESim simulation; experiment.

Introduction

Modern agricultural and forestry plant protection machinery is developing towards safety, precision, high efficiency and low energy consumption. The chassis of large-scale plant protection machinery widely adopts hydraulic drive systems[1]. Foreign research on self-propelled sprayers with a high ground clearance started early, and hydraulic power transmission systems are widely used. Most models are equipped with hydraulic four-wheel drive systems and related research is quite mature. In recent years, domestic research has been gradually conducted regarding self-propelled sprayers with a high ground clearance, but few studies have paid attention to the drive systems of high clearance sprayers, most of which stay at the stage of two-wheel drives[2]. Based on the characteristics of open and closed hydraulic drive systems, Ding Li *et al.* designed a closed hydraulic system that comprises a variable displacement pump driving two quantitative hydraulic motors, but did not conduct

experimental research[3]. Tong Qin *et al.* analyzed the driving modes of vehicle chassis, used a single-pump four-motor natural shunt parallel system to drive, and examined the mathematical model and control method of the sprayer when driving in a straight line and turning[4]. Li Ze *et al.* designed a hydraulic drive system with a two-function diverter valve to study synchronization[5]. Zhang Hua *et al.* built a hydraulic test bench to study synchronous control of a chassis hydraulic motor and made comparisons[6]. The synchronous control components involved in the above research, such as common synchronizing valves, are characterized by low accuracy of synchronization and high loss, and most of them are in the stage of experimental research and have not yet been put into practice, as the accuracy of synchronous control needs to be improved.

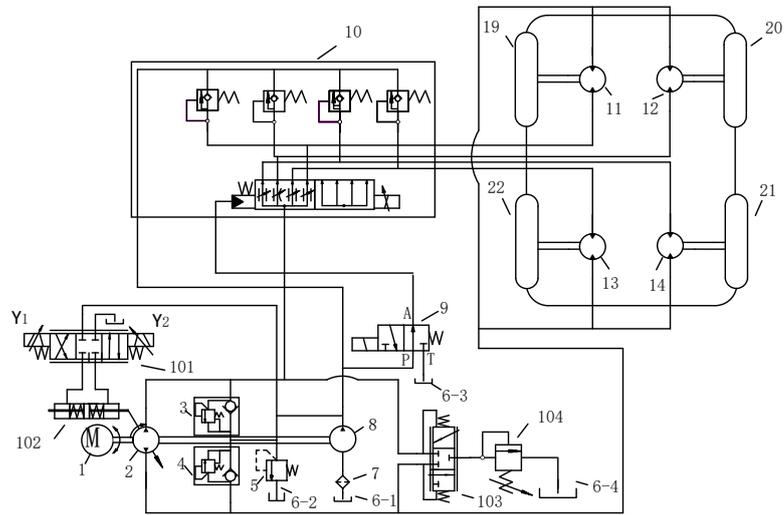
Therefore, a hydraulic drive system suitable for large-scale self-propelled boom sprayers with a high ground clearance is designed to improve the accuracy of synchronization in four-wheel straight-line driving mode, and an experimental platform is built to verify the stability and accuracy of the system designed.

Hydraulic drive system design

The unstable application rate of a sprayer is common, due in part to the complex and changeable environmental factors in field operations and the highly fluctuating loads, which will affect the quality of field operations. Hence, in order to ensure quality of work, the four-wheel speed of the sprayer should be adjusted in real time to adapt to the changing terrain, and the hydraulic system should be able to adjust the flow rate of each motor at the same time[7]. In order to make the system have better speed and load characteristics, and realize such functions as flow distribution, a hydraulic drive system that employs a RTM valve is designed. Its principles are illustrated in Fig. 1.

The hydraulic drive system is mainly composed of a variable displacement pump, a safety valve, a relief valve, a servo valve, a variable displacement piston, a shuttle valve, a proportional relief valve, a RTM valve and a hydraulic motor. The displacement of the variable pump is adjusted through the servo mechanism. When the hydraulic drive system is started, the oil is pumped out from the pump's outlet port, shunted by the RTM valve, and distributed to the four motors as per changes in external load. Then the oil of the four motors is collected and delivered to the pump's return port. Because of the bi-directional closed loop circuit and the bi-directional variable displacement pump, when the sprayer starts to drive backwards, the functions of the pump's inlet and outlet ports are interchanged, suggesting that the above-mentioned oil circuit is opposite to the forward direction of oil flow.

The RTM is the synchronous control component of the system. It consists of a metering orifice and a pressure compensator. The metering orifice is placed in the spool. It is used to divide the output flows that enter the RTM valve into different channels. To compensate for differences in load pressure, the pressure compensator is incorporated in the oil port of each actuator to eliminate the impact of load deviations on shunting errors, so that the actuators can execute at the same or proportional running speed to achieve a synchronization effect.

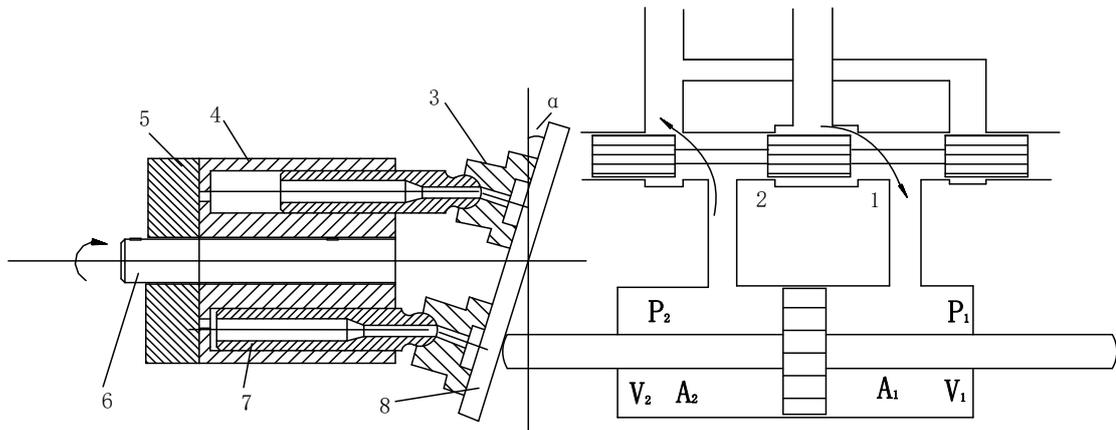


1. Engine 2. Variable displacement pump 3.4. Fuel charge relief valve 5. Relief valve 6. Fuel tank 7. Filter 8. Charge pump 9. Two-position and three-way solenoid valve 10. RTM valve 11.12.13.14. Left front, right front, left rear, right rear hydraulic motors 19.20.21.22. Left front wheel, right front wheel, right rear wheel, left rear wheel 101. Servo valve 102. Variable piston 103. Shuttle valve 104. Proportional relief valve

Fig.1 Schematic diagram of hydraulic system

Establishment of mathematical model of hydraulic system

In the variable displacement pump of the previously mentioned hydraulic system, the amount of flow of the pump can be controlled by using the servo valve to control the variable piston, thereby varying the displacement of the swash plate of the pump. Its structure is explained in Fig. 2.



1. Valve outflow 2. Valve inflow 3. Skid shoe 4. Cylinder block 5. Valve plate 6. Spindle 7. Plunger 8. Valve plate

Fig. 2 Variable pump control diagram

To clarify the relationships among main hydraulic component parameters, a linear mathematical model of the system was established and the following assumptions were made:

- (1) The hydraulic oil pressure remains constant, regardless of pump flow pulsation;

(2) Each cavity of the hydraulic cylinder receives the same pressure, and the oil temperature and the bulk modulus of elasticity are constant;

(3) Regardless of pipeline pressure loss and pipeline dynamic effects

(4) Each oil passage window on the valve sleeve is rectangular, and the amount of openings on each valve port produced by the movement of the valve core is the same.

2.1 Spool valve flow equation

According to the assumptions, the four-way valve near the zero position can be linearized. The model is illustrated in Fig. 3. The flow equation of the four-way valve is:

$$q_L = k_q x_v - k_c p_L \tag{1}$$

where q_L —load flow, m^3/s ; p_L —load pressure, MPa; x_v —spool displacement, mm; k_q —flow gain;

k_c —flow-pressure coefficient.

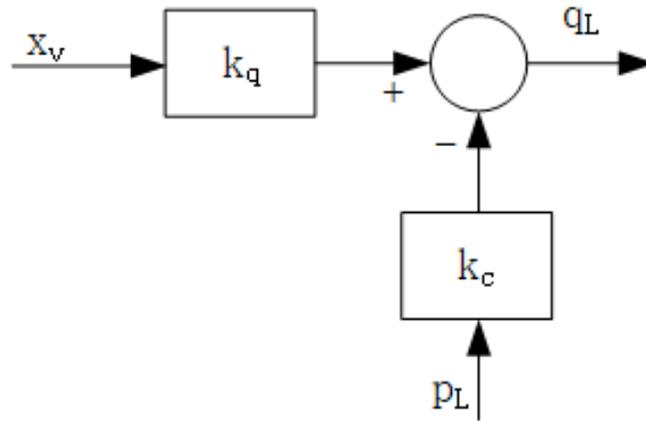


Fig. 3 Linearized model of hydraulic control valve

The force balance equation of the valve is:

$$F_0 - p_s A_v = m_v \frac{d^2 x_v}{dt^2} + f \frac{dx_v}{dt} + K_s x_v \tag{2}$$

where A_v —the end area of the valve, m^2 ; F_0 —regulator pressure spring preload; p_s —output port pressure, MPa

m_v —the sum of the mass of the moving parts of the valve and one third of the spring mass; x_v —spool displacement, mm; f —viscous damping coefficient; K_s —the sum of regulator pressure spring stiffness and hydrodynamic stiffness.

2.2. Flow continuity equation of hydraulic cylinder

When considering the compressibility of the fluid, the closed cavity has flow in and out, volume change and pressure effects. The flow balance equation of the compressible fluid is:

$$\sum Q_{in} - \sum Q_{out} = \frac{dV}{dt} + \frac{V}{\beta} \frac{dp}{dt} \quad (3)$$

where V —the volume of the control cavity taken, m^3

$\sum Q_{in}$ —total flow into the control cavity, m^3/s

$\sum Q_{out}$ —total flow out of the control cavity, m^3/s

β —bulk modulus of elasticity of the fluid

The flow from the valve port into the hydraulic cylinder:

$$Q_1 = C_{ic}(p_1 - p_2) + \frac{V_1}{\beta_e} \frac{dp_1}{dt} + C_{ec1}p_1 + A_1 \frac{dx_c}{dt} \quad (4)$$

The flow from the hydraulic cylinder back to the valve port:

$$Q_2 = C_{ic}(p_1 - p_2) - C_{ec1}p_2 - \frac{V_2}{\beta_e} \frac{dp_2}{dt} + A_2 \frac{dx_c}{dt} \quad (5)$$

where Q_1 —flow from the valve port into the hydraulic cylinder, m^3/s ; Q_2 —flow from the hydraulic cylinder to the valve port, m^3/s ; A_1, A_2 —the effective area of hydraulic cylinder, m^2 ; x_c —displacement of the piston in the hydraulic cylinder, m; C_{ic} —internal leakage coefficient; C_{ec1} —external leakage coefficient; V_1 —total volume from the valve to the oil inlet cavity of the hydraulic cylinder, m^3 ; V_2 —total volume from the oil return cavity of the hydraulic cylinder to the valve, m^3 ; β_e —bulk modulus of the fluid, set as $7.0 \times 10^8 \text{Pa}$

The volume of the two cavities of the hydraulic cylinder is:

$$V_1 = V_{01} + \Delta V_{(x_p)} = V_{01} + A_p x_c \quad (6)$$

$$V_2 = V_{02} - \Delta V_{(x_p)} = V_{02} - A_p x_c \quad (7)$$

where V_{01} —the initial volume of the oil inlet cavity of the hydraulic cylinder, m^3

V_{02} —the initial volume of the oil return cavity of the hydraulic cylinder, m^3

$\Delta V_{(x_p)}$ —the volume change when the piston moves, which is the function of piston displacement x_p . That is, $\Delta V_{(x_p)} = A_p x_c$, A_p is the effective area of the piston.

$$\frac{dV_1}{dt} = -\frac{dV_2}{dt} = A_p \frac{dx_c}{dt} \quad (8)$$

Based on $p_L = p_1 - p_2$ and the simultaneous equation (8), the load flow continuity equation can be obtained:

$$Q_L = A_p \frac{dx_c}{dt} + C_{tp} p_L + \frac{V_r}{4\beta_e} \frac{dp_L}{dt} \quad (9)$$

where Q_L —load flow, and $Q_L = \frac{Q_1+Q_2}{2}, m^3/s$

C_{tp} —total leakage coefficient of the hydraulic cylinder, $C_{tp} = C_{ic} + \frac{C_{ec1}}{2}$,

V_r —total volume of the two oil cavities, m^3

Regardless of nonlinear loads such as Coulomb friction and the mass of oil, according to Newton's second law, the force balance equation between the hydraulic cylinder and the load is established:

$$p_1A_1 - p_2A_2 = m_t \frac{d^2x_c}{dt^2} + B_c \frac{dx_c}{dt} + Kx_c + F_L \quad (10)$$

where m_t —total inertial load, kg

B_c —total viscous load factor

K —elasticity load, kg

F_L —the force of the swash plate on the variable cylinder, N

2.3 Flow continuity equation of axial piston pump

In accordance with the working principle of the plunger pump, its mathematical model is established. The rotational speed of its single plunger pump is:

$$v = \frac{ds}{dt} = R\omega \sin(\omega t) \tan \alpha \quad (11)$$

where, α —the swing angle of the swash plate, $^\circ$

ω —the pump rotational angular velocity, rad/s

R —the radius of the distribution circle of the plunger hole, m

s —the stroke of the plunger in the cylinder, m

During the working process of the variable pump, with the rotation of the pump cylinder, the flow continuity equation in the plunger cavity is:

$$\frac{dp_z}{dt} = \frac{\beta}{V} (Q_i - Q_o - \frac{dV}{dt}) \quad (12)$$

where p_z —pressure in the plunger cavity, MPa

β —the bulk modulus of elasticity of oil, set as $7.0 \times 10^8 \text{Pa}$

V —the volume of the plunger cavity, m^3

Q_o —single plunger output flow, m^3/s

The flow change in the i -th plunger cavity is:

$$Q_i = \text{sign}(p_z - p_p) C_d A(\varphi) \sqrt{\frac{2|p_z - p_p|}{\rho}} \quad (13)$$

where C_d —flow coefficient

ρ —fluid density, kg/m^3

$A(\varphi)$ —flow distribution area, m^2

p_p —the pressure of the pump port connected to the plunger cavity, MPa

2.4 Flow continuity equation of RTM valve

The structure diagram of the RTM valve is shown in Fig. 4. Regardless of the leakage flow of the orifice, the flow continuity equation at the oil inlet of the RTM valve is:

$$q_p = q_L + q_R + q_Z + q_M \quad (14)$$

where q_p , q_L , q_R , q_Z and q_M are flows passing through the oil inlet P, oil outlet A, oil outlet B, oil outlet C and oil outlet D in the RTM valve, m^3/s .

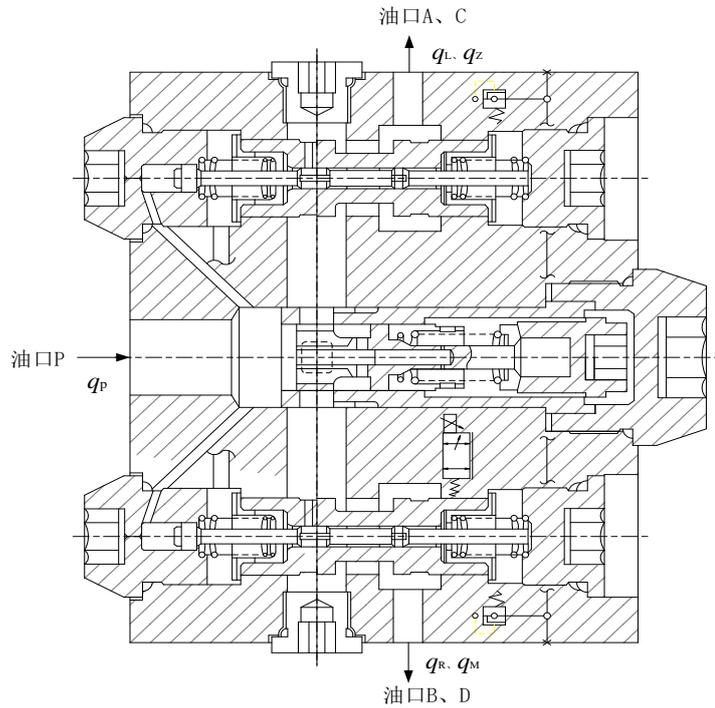


Fig. 4 RTM valve structure model

The flow-pressure equations for the oil outlets A, B, C, D in the RTM valve are respectively:

$$\begin{cases} q_L = C_d A(x_1) \sqrt{\frac{2}{\rho}(p - p_A)} \\ q_R = C_d A(x_2) \sqrt{\frac{2}{\rho}(p - p_B)} \\ q_Z = C_d A(x_3) \sqrt{\frac{2}{\rho}(p - p_C)} \\ q_M = C_d A(x_4) \sqrt{\frac{2}{\rho}(p - p_D)} \end{cases} \quad (15)$$

where C_d —flow coefficient of variable orifices

p_A, p_B, p_C, p_D —the oil pressure of the A, B, C, D outlets of the RTM valve, Pa

$A(x_1), A(x_2), A(x_3), A(x_4)$ —the flow cross-sectional area of the A, B, C, D outlets of the valve, m^2

x_1, x_2, x_3, x_4 —the spool displacement of the proportional directional valve on the A, B, C, D outlets of the RTM valve, m

2.5 Flow continuity equation of hydraulic motor

Suppose that the internal and external leakage coefficients of the four-wheel motors are the same respectively. Then the continuity equation for RTM valve-hydraulic motor inlet flow is:

$$q_{ij} - C_m(p_{ij} - p_b) - C_{em}p_{ij} - \frac{C}{\beta_e} \dot{p}_{ij} = V_m \omega_m \quad (16)$$

where q_{ij} —the inlet flow rate of the wheel motor (equivalent to q_L, q_R, q_Z, q_M in the RTM valve modeling formula), m^3/s

V_m —wheel motor displacement, m^3/rad

ω_m —wheel motor shaft speed, rad/s

p_{ij} —wheel motor oil inlet pressure (equivalent to p_A, p_B, p_C, p_D in the RTM valve modeling formula), MPa

V_1 —total volume of the oil inlet cavity of the RTM valve-oil tube-the motor (suppose that the total volume of the oil inlet cavity from the RTM valve to the four motors is the same), m^3

C_{im}, C_{em} —the internal and external leakage coefficients of the motor, respectively, $(m^3/s)/Pa$

The motor-load torque balance equation is:

$$V_m(p_i - p_b) = J_m \dot{\omega}_m + B_m \omega_m + \text{sign}(\omega_m) T_f + T_L \quad (17)$$

where J_m —the moment of inertia of the motor shaft, $kg \cdot m^3$

B_m —viscous damping coefficient on the motor shaft, $N \cdot m / (rad/s)$

T_f —equivalent to the frictional resistance torque on the motor shaft, $N \cdot m$

T_L —External load torque on the motor shaft, $N \cdot m$

When driving in a straight line, the speed of the four wheels must be the same. In reality, however, the external torque and slip rate of each wheel are not the same. In order to study the linear synchronization characteristics, it is necessary to adjust the motor flow rate while meeting the linear slip rate, and the external load torque applied to the motor that affects the flow into the motor is different. Through the establishment of the above flow continuity equation and motor-load torque balance equation, further research is carried out in simulation and experiments.

Simulation verification and analysis

Since the load on each drive motor will be different with the reduction of liquid medicines during the working process of the sprayer, combined with the performance research of the hydraulic chassis in construction machinery, when carrying out simulation research, the driving system is subjected to different torques for simulation. In order to obtain reasonable simulation data, the motor is loaded with different torques to simulate the effect on different road surfaces. It can be seen from the literature that the friction coefficients of asphalt roads and cultivated fields are 0.02 and 0.12, respectively, the full load of the sprayer is 8500kg, the tire radius is 0.625m, and the total transmission ratio is 1. Substitute the above data in the following equation:

$$F_n = G \sin \alpha + G \cos \alpha f_z \quad (18)$$

$$T_m = \frac{F_n r_w}{i \cdot n \cdot \eta} \quad (19)$$

where G —the total gravity of the sprayer, N

f_z —the coefficient of rolling friction

α —ramp angle ($^\circ$)

T_m —motor loading torque, $N \cdot m$

r_w —rolling radius of a tire, m

i —total gear ratio

n —number of motors

η —drive system efficiency

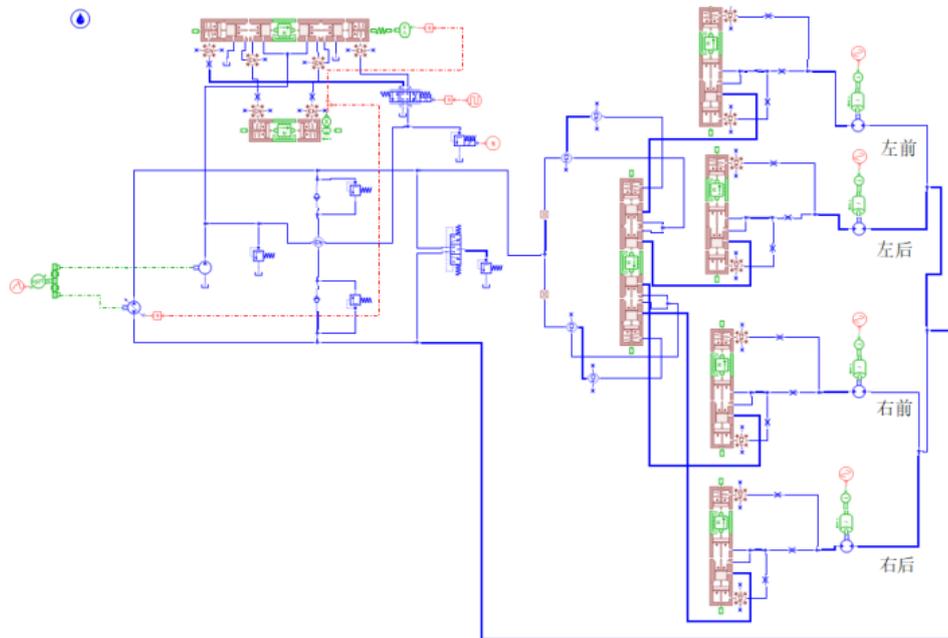


Fig. 5 Simulation model of hydraulic drive system According to the above calculation, the corresponding loading torques are $26.56\text{N}\cdot\text{m}$ and $159.38\text{N}\cdot\text{m}$ on asphalt roads and cultivated fields, respectively. The sprayer needs to ensure the stability of straight-line driving during operation, so as to analyze the synchronicity of the sprayer when driving on both sides. As shown in Fig. 5, a simulation model of the hydraulic drive system is established, and different loads are applied on one side of the sprayer for simulation analysis. The simulation parameters are displayed in Table 1.

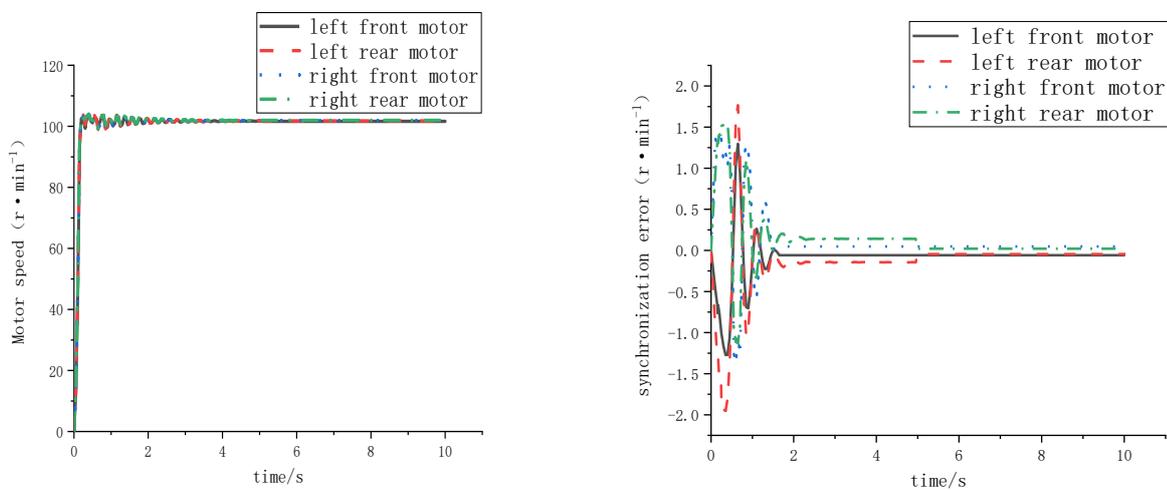
Table 1 System simulation parameters

Parameter	Value
RTM spool diameter/mm	10
RTM spool mass/kg	0.06
Spring pre-compression/mm	5.326
Fixed orifice aperture /mm	3.2
Variable orifice aperture/mm	7
Centering spring stiffness/($N \cdot \text{mm}^{-1}$)	0.8
Variable orifice initial opening/mm	3
Flush valve set pressure/Mpa	3
Flush valve maximum opening area/ mm^2	30
Oil viscosity/cp	50
Oil density/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	855
Oil modulus of elasticity/bar	17000
Engine speed/($r \cdot \text{min}^{-1}$)	2800
Variable pump displacement/($\text{mL} \cdot r^{-1}$)	300
Maximum working pressure/Mpa	40
Mechanical efficiency/%	85
Volumetric efficiency/%	95
Motor displacement/($\text{cc} \cdot \text{rev}^{-1}$)	100
Moment of inertia/($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)	0.036

A sinusoidal load of $26.56\text{N}\cdot\text{m}$ is applied to the left front and left rear wheels of the sprayer, and a load of $159.38\text{N}\cdot\text{m}$ is applied to the right front and right rear wheels of the sprayer. The effect of unilateral torque change

on the synchronicity of sprayer drive with or without the RTM valve is analyzed. Under different loads, the motor speed of the driving system changes in the absence of the RTM valve. In the initial stage of motor startup, the speeds of the left front motor, left rear motor, and right front motor tend to stabilize after reaching the peak value within 0-0.5s. The speed is between 0 and 1 r/min, and the speed of the right rear motor is the highest. That is because the right rear motor has the lowest load, and the flow entering the motor is the largest, resulting in the most significant change in its speed with the flow rate. The fluctuation of the motor speed within 0-2s is relatively high. After 2s, the fluctuation tends to be stable at 205r/min.

It can be seen from Fig. 6a that under the conditions of different loads with the RTM valve, the four motors tend to stabilize quickly after reaching the peak value in the starting acceleration phase. It can be seen from Fig. 6b that the maximum speed error of the four motors is 2.0r/min, and the minimum error is 0.3r/min after 5s.



a. Has RTM valves for different loads

b. Speed error curve

Fig. 6 has RTM valves for different loads

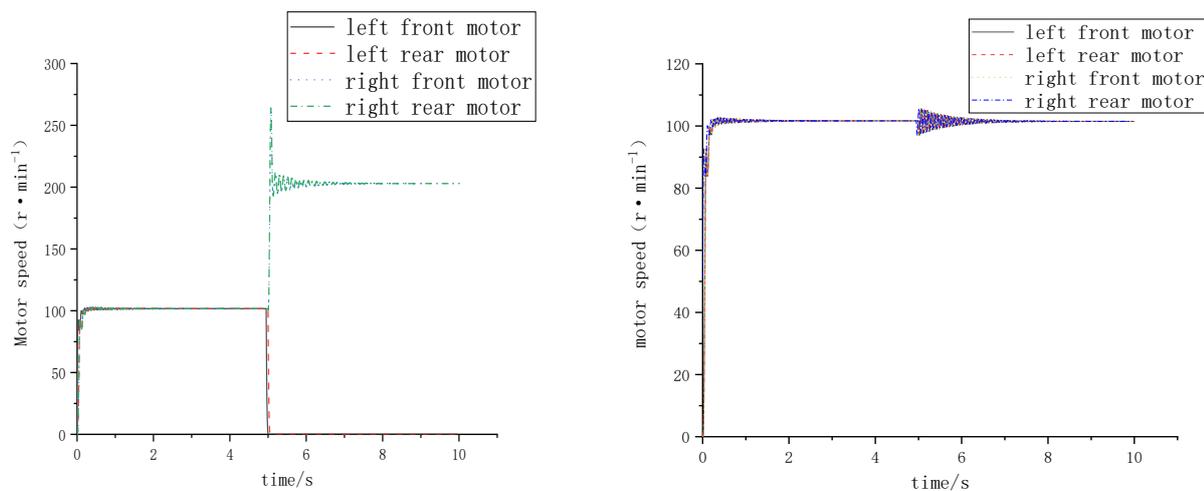


Fig.7 One-side step load RTM free valve

Fig.8 Single step load with RTM valve

Following the above simulation results, a step load of 718N·m is applied to one side of the sprayer at 5s. In the absence of the RTM valve, on the side loaded with 718N·m, the motor speed suddenly drops down to 0, while the motor speed increases linearly on the side without step load. At 6.5s, the motor speed stabilizes at 205r/min, and the speed error reaches 105r/min, so the sprayer may deviate during driving. In the presence of the RTM valve, the sudden increase of step load in 5s makes the motor speed overshoot, but it quickly becomes stable, and the maximum speed error is 2r /min. To sum up, the hydraulic drive system that uses a RTM valve has clearly better synchronization than the one not having a RTM valve.

Real vehicle test results

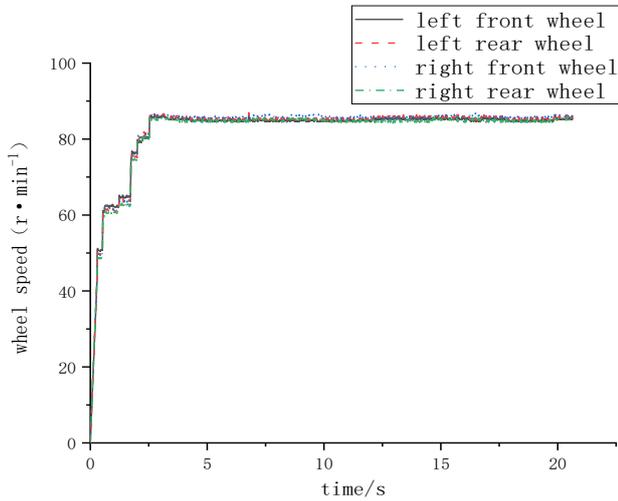
The designed hydraulic drive system is mounted on the self-propelled sprayer. The test site is in the field road of Sanfenchang Erlan, Shihezi City in Xinjiang, with a driving speed of 4km/h. The parameters of the gas-liquid mixed suspension is adjusted before the test. For the test instrument, SR-RPM6000 speed sensor is used to measure the speed signals of the four tires. The installation location of the sensor is shown in Fig. 9.



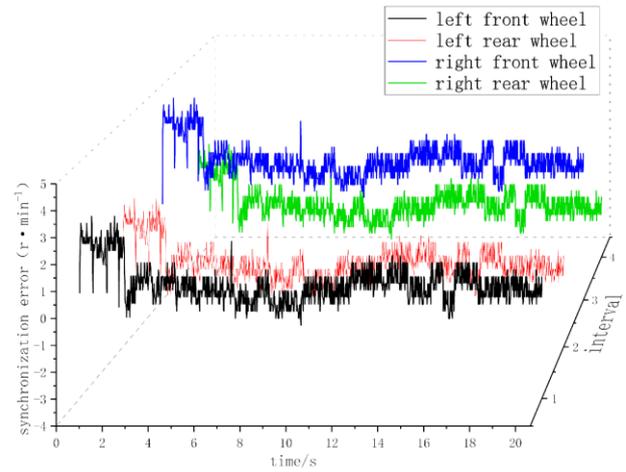
1. Speed sensor 2. Tester 3. PC terminal (including test analysis system and processing system)

Fig. 9 Sensor installation location

A reflective strip is pasted on the circumference with a radius of 20cm from the axis of the four hubs, and the infrared signal of the rotational speed sensor is aligned with the reflective strip placed on the rotating shaft to be measured, and a safe non-contact RPM measurement is performed on the tire. The speed change curves of the four wheels after the RTM valve is opened are obtained, as shown in Fig. 10a.



a. Speed change curve



b. Test synchronization error curve

Fig. 10 Test curve

Compared with the simulation curve, due to the rolling resistance between the wheel and the ground, the external leakage of the hydraulic connector and the internal leakage of the hydraulic motor, the system pressure fluctuates to a certain extent, which results in a rise in the test curve fluctuation. It takes a long time to stabilize, about 3s.

The experimental synchronization error curve is shown in Fig. 10b, which is expressed by the M1D curve here. It can be seen from the figure that the test synchronization error of the right rear wheel is the largest, about 5.0 r/min, which meets the straight-line driving requirements of the sprayer chassis, and further verifies the correctness of the theoretical analysis.

Conclusions

(1) A hydraulic drive system suitable for large-scale self-propelled boom sprayers is designed to tailor to the four-wheel straight-line driving requirements of the sprayer under different working conditions. Conforming to the working principle of its hydraulic pump, main hydraulic valve and hydraulic motor, a mathematical model is established, and a simulation model of the hydraulic drive system of the sprayer is built based on the AMESim simulation software. The simulation results have verified the accuracy of the model.

(2) By analyzing the simulation results, when different loads are applied to the four motors and different step loads are applied to the one-side motor, the synchronization error of the four motors is 0-2r/min, which is superior to the hydraulic pressure without the RTM valve in terms of synchronicity and meets the requirements of straight-line driving.

(3) The actual vehicle test results of the hydraulic drive system show that the errors of the four motors are all less than 5r/min, which verifies the practicability, stability and reliability of the hydraulic system involved.

References

1. Zhang Hua, Zheng Qiangqiang. Comparison and verification of straight running synchronous control methods for hydraulic four-wheel drive chassis of 4WD pesticide sprayer [J]. Chinese Journal of Agricultural Engineering, 2016, 32(23): 43-50.
2. LI Wei, XUE Tao, MAO Enrong, et al. Design and Experiment of Multi-wheel Steering System of Self-propelled Sprayer with Highland Clearance [J].Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2019, 50(1): 141-151.
3. Ding Li. Design and Research on the Walking Hydraulic Drive System of High Ground Clearance Sprayer[D].Shihezi University,2016.
4. Tong Qin. Research on hydraulic control system of high ground clearance self-propelled sprayer[D].Qingdao University of Technology,2014.
5. Li Ze. Design and Research on Hydraulic System of Self-propelled Sprayer with High Ground Clearance[D].Hunan Agricultural University,2018.
6. ZHANG Hua, ZHENG Jianqiang. Comparison and Verification of Direct Synchronization Control Method for Hydraulic Four-wheel Drive Chassis of 4WD Pesticide Sprayer [J].Transactions of the CSAE, 2016, 32(23): 43-50.
7. Fan Yongkui, Mao Enrong, Zhu Zhongxiang, Xie Bin, Liu Tengyi, Shang Nana. Design and test of hydraulic multi-point power output system for hilly and mountainous tractor[J].Journal of Agricultural Machinery,2018,49(S1):477-485.
8. NI Xin. Matching Design of Hydraulic Four-wheel Drive System for Corn Combine [D].Qingdao University of Technology, 2016.
9. LI Mingsheng, SONG Zhenghe, CHI Ruijuan, et al. Simulation and Optimization of Proportional Decline Valve of Electro-hydraulic Lift in High Power Tractor [J].Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(S1): 1-5.
10. FU Beibei. Research on Walking System of Four Wheel Independent Hydraulic Drive for Off Road Vehicle [D].Jilin University, 2017.
11. CHEN Juanjuan. Control and Simulation of Hydrostatic Transmission Vehicle Drive System Based on AMESim [D].Harbin Institute of Technology, 2010.
12. JIA Jianfeng. Research on Application of Diverting and Collecting Valve in Full Hydraulic Graders [D].Chang 'an University, 2009.
13. LI Mingsheng, YE Jin, XIE Bin, et al. Design and Test of Hydraulic Controlled Proportional Flow Valve in Tractor Hydraulic Chassis [J].Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(4): 397-403.

14. WANG Baoshan, WANG Wanzhang, WANG Miaosen, et al. Design and Test of Full-hydraulic Driven Highland Clearance Crawler Vehicle [J].Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(S1): 471-476.
15. CHEN Jinshi, ZHENG Qi, HUO Dongyang, et al. Influence of Bridge Load Distribution on Walking System Performance of Wheel Sliding Loader [J].Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition), 2020, 50(4): 1235-1244.
16. TAN Tang, TAO Jianfeng, WANG Xuyong. Synchronization Control Strategy of Double Hydraulic Motor Based on Improved Particle Swarms Optimization Algorithm [J].Journal of Mechanical Engineering: 1-8.
17. ZHANG Zhenming. Research on Synchronization Technology of Double Motor Based on CMAC Sliding Mode Control [J].Machine Tool & Hydraulics, 2019, 47(14): 163-166.
18. GU Hairong, JIAO Shengjie, XIAO Chongyu, et al. Research on Synchronization Mode and Dynamics of Single-pump Multi-motor Hydraulic Walking System [J].Road Machinery and Construction Mechanization, 2012, 29(6): 79-81, 85.

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОПОНИКИ БАРАБАННОГО ТИПА НА БАЗЕ ARDUINO

А.А. Садов^{1*}, С.И. Бобков²

¹ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, Екатеринбург, Россия

²Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова, г. Костанай, Казахстан.

*E-mail: artemsadov@ya.ru

Аннотация. Одной из новейших технологий по экологичному выращиванию растений является технология с применением гидропоники. Она позволяет выращивать различные растение без почвы с использованием нейтрального субстрата с применением питательного раствора, в котором в необходимой концентрации имеются все необходимые элементы для развития и здорового роста растений.

Применение барабанной (роторной) гидропоники даёт возможность получить экономию посадочного места: растения располагаются не на плоскости, как в вертикальной гидропонике, а вокруг источника света, что позволит экономить на освещении.

Для автоматизации процесса выращивания растений барабанным методом необходим контроль следующих показателей: влажность субстрата, температура циркулирующего воздуха, уровень освещенности помещения, уровень жидкости в резервуаре, pH раствора и количество растворённых твёрдых солей (TDS), в связи с этим требуется разработка модуля управления исполнительными устройствами барабанной гидропоники. Для управления модулем используется программный код написанный объектно-ориентированным языком программирования Python.

Ключевые слова: барабанная гидропоника, ротор, модуль управления, программа, Python, автоматизация.

DEVELOPMENT OF A DRUM-TYPE HYDROPONICS CONTROL MODULE BASED ON ARDUINO

A.A. Sadov^{1*}, S.I. Bobkov²

¹ Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

²Kostanay Engineering and Economic University nam. M. Dulatov, Kostanai, Kazakhstan.

*E-mail: artemsadov@ya.ru

Abstract. One of the newest technologies for sustainable plant growing is hydroponic technology. It allows you to grow a variety of plants without soil using a neutral substrate using a nutrient solution that contains all the necessary elements for the development and healthy growth of plants in the required concentration.

The use of drum (rotary) hydroponics makes it possible to save a seat: the plants are not located on a plane, as in vertical hydroponics, but around a light source, which will save on lighting.

To automate the process of growing plants by the drum method, it is necessary to control the following indicators: substrate humidity, circulating air temperature, room illumination level, liquid level in the reservoir, pH of the solution and the amount of dissolved solid salts (TDS), therefore, it is necessary to develop a control module for drum hydroponics actuators. To control the module, the program code written in the object-oriented programming language Python is used.

Keywords: drum hydroponics, rotor, control module, program, Python, automation.

Постановка проблемы (Introduction)

Увеличение численности населения Земли, рост количества людей, проживающих в городах, а также рост самих городов ведет к увеличению потребления пищи, усложнению ее распределения и увеличению расстояния между производителем и потребителем. Также существует проблема чистой, пригодной для питья и полива растений воды. В связи с этим встаёт вопрос об максимально возможной экономии площади при возделывании культур, рациональном использовании водных, минеральных, органических и тепловых ресурсов, и получении при этом достаточного количества сельскохозяйственной продукции.

Для решения данных проблем необходимо внедрение современных полностью автоматизированных энергосберегающих гидропонных систем.

Для решения данного вопроса предлагается усовершенствованный автоматизированный метод гидропоники, который основан на вращении растений вокруг источника света. При этом питательный раствор растения получают из резервуара, в который периодически окунается пористая среда. Применение технологии роторной гидропоники даёт возможность получить экономию посадочного места: растения располагаются не на плоскости, как в вертикальной или горизонтальной гидропонике, а вокруг источника света, что позволит экономить электроэнергию на освещении.

Для своего развития растение нуждается в макро-, микроэлементах, освещении, соблюдении определенной температуры, влажности и состава окружающего воздуха, в поддержании других факторах окружающей среды. Постоянное наблюдение и поддержание их человеком требует больших затрат человеческого ресурса. Автоматизация процесса выращивания растений в помещении позволит сократить эти затраты и многократно увеличить объёмы производ

Для автоматизации процесса требуется разработка модуля управления исполнительными устройствами барабанной гидропоники. Для управления модулем используется программный код написанный объектно-ориентированным языком программирования Python.

Цель и методы исследования (Methods)

Применение модулей arduino обосновано его удобной платформой, а также возможностью быстрой разработки электронных устройств, помимо этого данная платформа пользуется высокой популярностью во всем мире благодаря удобству и простоте языка программирования, а также открытой архитектуре и программному коду. Данные аспекты позволяют легко интегрировать разработанный модуль управления барабанной гидропоникой в производство и применение.

Устройство программируется через USB без использования программаторов объектно-ориентированным языком программирования Python.

Результаты (Results)

В результате большого количества применяемых устройств имеется смысл разделить устройства, считывающие информацию об окружающей среде на группы, по типу среды, в которой они выполняют считывание данных. Нами было проведено разделение на модули контроля показателей раствора-субстрата и окружающей среды .

В модуль контролирующий показатели раствора-субстрата входят: датчик температуры раствора, измерения pH раствора, уровня воды, уровня влажности субстрата, сенсор растворённых твёрдых солей (TDS метр).

В модуль окружающей среды входит: датчик влажности и температуры, фоторезистор – с которого будет приходить информация об уровне освещённости в данный момент.

Но только считывания информации будет недостаточно для задуманной автоматизации процесса выращивания. Необходимо также управление различными устройствами, обеспечивающими растениям благоприятный микроклимат: аэратор, для создания необходимого уровня влажности, системы вентиляции, отвечающие за движение воздуха в гидропонной установке, управление источником света и самим ротором. Всем этим, управляет микроконтроллер ArduinoMega. Для доступа к данным и состоянию установки пользователя, программно-аппаратный модуль будет передавать всю информацию на облачный ресурс с помощью Wi-Fi модуля.

Принципиальная схема гидропоникой (Рисунок 2) разработана на платформе контроллера MEGA328P-AU (P1, имеет разветвленную схему питания, в которую входят следующие основные компоненты: гнезда DC1, микросхемы LM7805EE (U3), драйвер шагового двигателя A4988 (U1), так же разъёмы для подключения датчиков температуры воды (U8), уровень pH воды (U5), температура и влажность окружающей среды (U4), мотора Nema 17(U2), сглаживающего фильтра (C1) на 16 вольт 470 микрофарад и подключение информационного дисплея LCD 1602A (JP1). U10 и U8 запасные порты для подключения датчиков (рисунки 1-3).

Схема работает от 12 вольт, подается через разъем DC1, поступает на стабилизатор питания LM7805, где преобразует питание в 5 вольт для питания датчиков, дисплея, шагового драйвера, информационного дисплея и контроллера. Так же поступает для питания шагового драйвера U1.

Установлена защита от перезагрузки и перегрева в блоке питания.

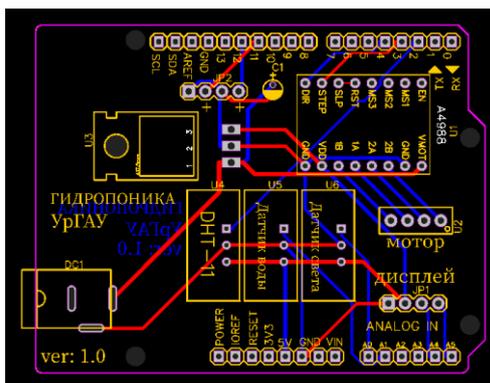


Рисунок 1- Плата управления экспериментальных образцов контролируемых элементов гидропонии.

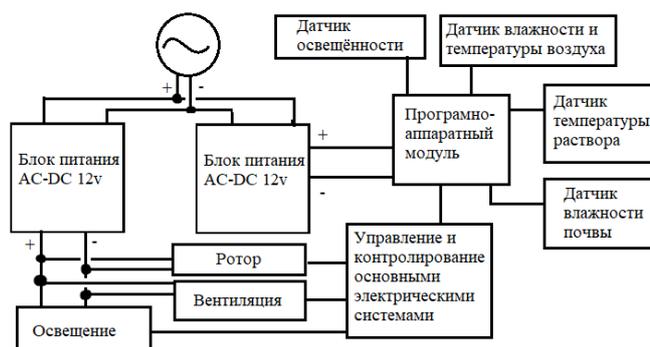


Рисунок 2 - Принципиальная схема электрической цепи системы роторной гидропонии

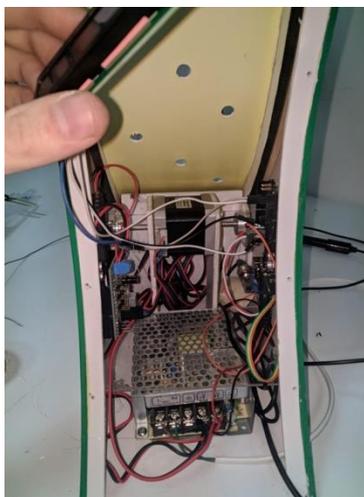


Рисунок 3 – Расположение элементов управления роторной гидропоникой на макете.

Установленные контролирующие устройства (датчики) в роторной гидропонике позволяют гибко регулировать микроклимат и режим выращивания растений (рисунок 3).

Базовая часть кода выглядит следующим образом:

```
#include "LCD_1602_RUS.h", LCD_1602_RUS lcd(0x27, 16, 2), #include "DHT.h", #define DHTPIN 12, #define DHTTYPE DHT11, DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE), bool stat_lcd = 0, #include "DFRobot_PH.h", #include <EEPROM.h>, #define PH_PIN A2, float voltage, pHValue, temperature = 25, DFRobot_PH ph,
```

```

#include <OneWire.h>, #include <DallasTemperature.h>, OneWire oneWire(15); // вход датчиков 18b20,
DallasTemperature ds(&oneWire), DeviceAddress sensor1 = {0x28, 0xA8, 0x3E, 0xF9, 0x05, 0x0, 0x0, 0x12},
void setup(,   ph.begin(),  dht.begin(),  lcd.init,   lcd.backlight(), //датчик температуры воды,
ds.requestTemperatures(); // считываем температуру с датчиков, //датчик температуры, float h =
dht.readHumidity(); // считываем влажность, float t = dht.readTemperature(); // считываем температуру, // в
градусах Цельсия, // проверяем полученные значения, if (isnan(h) || isnan(t)) {lcd.println("чтения датчика");
return;}static unsigned long timepoint = millis(); if(millis()-timepoint>1000U){//time interval: 1s timepoint =
millis(); //temperature = readTemperature(); // read your temperature sensor to execute temperature compensation
voltage = analogRead(PH_PIN)/2048.0*5000; // read the voltage pHValue = ph.readPH(voltage,temperature); //
convert voltage to pH with temperature compensation if ( stat_lcd == 0 ) {lcd.clear (); cd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Влажность: %"); lcd.setCursor(10, 0); lcd.print(h); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Тем-па: C");
lcd.setCursor(10, 1); lcd.print(t); stat_lcd = 1; delay(10000); } else {lcd.clear (); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("PH
: "); lcd.setCursor(10, 0); lcd.print(pHValue,2); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Тем. воды: "); lcd.setCursor(10,
1); lcd.print(ds.getTempC(sensor1)); // отправляем температуру stat_lcd = 0; delay(10000); }
ph.calibration(voltage,temperature); #include <Stepper.h> const int stepsPerRevolution = 3000; // change this to
fit the number of steps per revolution // for your motor // initialize the stepper library on pins 8 through 11: Stepper
myStepper(stepsPerRevolution, 4, 3); int stepCount = 0; // number of steps the motor has taken void setup() {
nothing to do inside the setup} void loop() { // read the sensor value: int sensorReading = analogRead(A0); // map
it to a range from 0 to 100: int motorSpeed = map(sensorReading, 0, 1023, 0, 100); // set the motor speed: if
(motorSpeed > 0) {myStepper.setSpeed(motorSpeed); // step 1/100 of a revolution:
myStepper.step(stepsPerRevolution / 100);}. [7]

```

Данный программный код написан на языке Python который позволяет обрабатывать основные параметры, получаемые с контролирующих и управляющих устройств.

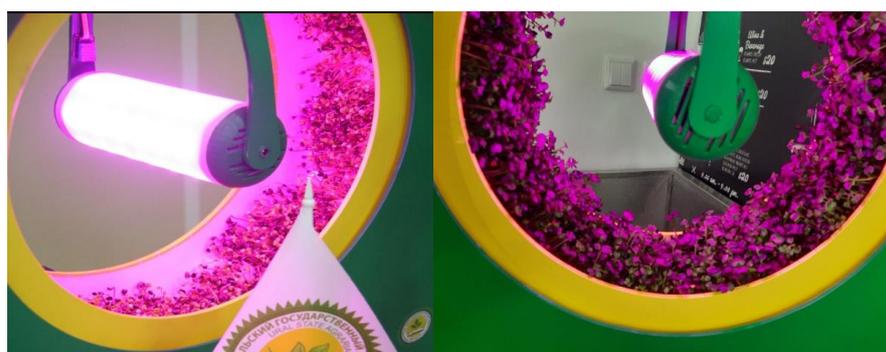


Рисунок 4 – Действие работы управляющей аппаратуры при выращивании микрозелени.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Предложенная принципиальная схема автоматизации процесса выращивания растений барабанным методом производить контроль следующих показателей: влажность субстрата, температура циркулирующего воздуха, уровень освещенности помещения, уровень жидкости в резервуаре, pH раствора и количество растворённых твёрдых солей (TDS), всвязи с этим требуется разработка модуля

управления исполнительными устройствами барабанной гидропоники. Для управления модулем исполнительных устройств таких как шаговые двигатели ротора, аэратор, для создания необходимого уровня влажности, системы вентиляции, отвечающие за движение воздуха в гидропонной установке, управление источником используется программный код написанный объектно-ориентированным языком программирования Python.

Библиографический список

1. Садов, А. А. Проект роторной гидропонной установки с автоматизированным процессом выращивания культур / А. А. Садов, К. М. Потетня, А. И. Носков // Научно-технический вестник: Технические системы в АПК. – 2020. – № 3(3). – С. 39-45.
2. Руткин Н.М., Лагуткина Л.Ю., Лагуткин О.Ю., Урбанизированное агропроизводство (сити-фермерство) как перспективное направление развития мирового агропроизводства и способ повышения продовольственной безопасности городов// Вестник Астраханского государственного технического университета. 2019.
3. Карпухин Михаил Юрьевич Автоматизированные гидропонные системы для сити-фермерства // АОН. 2022. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannye-gidroponnye-sistemy-dlya-siti-fermerstva> (дата обращения: 01.12.2021).
4. А.В. Ковригин, А.П. Хохлова, Н.А. Маслова Изучение эффективности эксплуатации автоматизированной аквапонной установки в зависимости от режимов ее работы // Вестник КрасГАУ. 2015. №11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-effektivnosti-ekspluatatsii-avtomatizirovannoy-akvaponnoy-ustanovki-v-zavisimosti-ot-rezhimov-ee-raboty> (дата обращения: 01.12.2021).

References

1. Sadov, A. A. The project of a rotary hydroponic installation with an automated process of growing crops / A. A. Sadov, K. M. Potetnya, A. I. Noskov // Scientific and technical bulletin: Technical systems in the agro-industrial complex. - 2020. - No. 3(3). - S. 39-45.
2. Rutkin N.M., Lagutkina L.Yu., Lagutkin O.Yu., Urbanized agricultural production (city-farming) as a promising direction for the development of world agricultural production and a way to improve the food security of cities// Bulletin of the Astrakhan State Technical University. 2019.
3. Karpukhin Mikhail Yuryevich Automated hydroponic systems for city farming // AON. 2022. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannye-gidroponnye-sistemy-dlya-siti-fermerstva> (Date of access: 12/01/2021).
4. A.V. Kovrigin, A.P. Khokhlova, N.A. Maslova The study of the efficiency of operation of an automated aquaponic installation depending on the modes of its operation. Vestnik KrasGAU. 2015. No. 11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-effektivnosti-ekspluatatsii-avtomatizirovannoy-akvaponnoy-ustanovki-v-zavisimosti-ot-rezhimov-ee-raboty> (date of access: 01.12.2021).

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТРАКТОРОВ БЕЛАРУСКОГО И КИТАЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ: БЕЛАРУС 923.3 И ZOOMLION RN904

Г.А. Иовлев¹, И.И. Голдина¹

¹ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, Россия, Екатеринбург

*E-mail: gri-iovlev@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос влияния балластных грузов на эксплуатационные свойства тракторов (установки балластных грузов на переднюю ось, на задние колёса) на эксплуатационные свойства тракторов (производительность МТА, удельный расход топлива). Исследования проведены на кафедре «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования в АПК» ФГБОУ ВО «Уральский ГАУ, г. Екатеринбург. Для сравнения были взяты следующие пары тракторов: Беларус 923.3 и Zoomlion RN904. Используя формулу для расчёта тягового усилия, рассчитаны номинальные тяговые усилия при различных вариантах догрузки балластными грузами, данные расчётов представлены в таблице. Используя диапазон рабочих передач рассчитаны тяговые усилия на различных передачах с учётом варианта балластирования, данные расчётов представлены в таблице. Для оценки влияния балластирования на производительность машинно-тракторного агрегата (МТА), на расход топлива произведены расчёты по формированию МТА для выполнения технологической операции культивация. Результаты расчётов влияния балластирования на производительность машинно-тракторного агрегата (МТА), на расход топлива представлены в таблице. По результатам исследований сделаны выводы и рекомендации.

Ключевые слова: китайские тракторы, белорусские тракторы, эксплуатационные свойства, балластирование, тяговые усилия, производительность машинно-тракторного агрегата.

OPERATIONAL PARAMETERS OF BELARUSIAN AND CHINESE TRACTORS BY EXAMPLE: BELARUS 923.3 AND ZOOMLION RN904

G.A. Iovlev¹, I.I. Goldina¹

¹Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

*E-mail: gri-iovlev@yandex.ru

Abstract. The article considers the issue of the influence of ballast loads on the operational properties of tractors (installation of ballast loads on the front axle, on the rear wheels) on the operational properties of tractors (MTA performance, specific fuel consumption). The research was carried out at the Department of "Service of transport and technological machines and equipment in the Agro-industrial Complex" Ural State Agrarian University, Yekaterinburg. For comparison, the following pairs of tractors were taken: Belarus 923.3 and

Zoomlion RN904. Using the formula for calculating the traction force, the nominal traction forces are calculated for various variants of loading with ballast loads, the calculation data are presented in the table. Using the range of operating gears, the traction forces on various gears are calculated taking into account the ballasting option, the calculation data are presented in the table. To assess the impact of ballasting on the performance of the machine-tractor unit (MTA), calculations were made on the fuel consumption for the formation of MTA to perform the technological operation cultivation. The results of calculations of the effect of ballasting on the performance of the machine-tractor unit (MTA), on fuel consumption are presented in the table. Based on the results of the research, conclusions and recommendations were made.

Keywords: Chinese tractors, Belarusian tractors, operational properties, ballasting, traction forces, productivity of the machine-tractor unit.

Постановка проблемы (Introduction)

Сельскохозяйственная техника китайского производства давно вышла на мировой рынок и становится все более популярной, т.к. повышаются и качество производства, и ее эксплуатационные показатели.

Из противоречивых данных представленных в средствах массовой информации (СМИ), можно сделать вывод о том, что доля китайских тракторов в российском импорте составляет от 12,1% в 2015 году до 21,9% в 2021 году, но в разные годы доля импорта китайских тракторов доходила до 48-65%. Основную долю в импорте составляют тракторы с мощностью двигателя до 18 кВт (24,5 л.с.) – 90,3%, в разные годы этот показатель составлял 55-68%. По данным [1] доля китайских тракторов с мощностью двигателя до 49 л.с. (36 кВт) составляет около 60% российского рынка, доля на рынке тракторов с мощностью двигателя от 50 л.с до 450 л.с. (36,8 – 331 кВт) составляет всего 1,5%. Доля в российском импорте китайских тракторов с мощностью двигателя свыше 50 л.с. (36,8 кВт) в 2021 году составила 6,8% от общего импорта тракторов из Китая.

Фирмами производителями тракторов в Китайской народной республике (Китай) являются: УТО Group Corporation, Dongfeng, Foton Lovol, CHERY, XINGTAI, Zoomlion и др. Объемы производства сельскохозяйственных тракторов составляют 420-510 тыс. единиц в год [2-4].

Китайские тракторы фирмы Zoomlion были представлены ООО «Центр технического оборудования» на ежегодной выставке-продаже сельскохозяйственной техники «Урал-Агро-2022», проходящей года в АО «Б-Истокское РТПС» Свердловской области. Среди них тракторы различных тяговых классов, с различной мощностью двигателя: ZoomlionRD254R, ZoomlionRK504C, ZoomlionRC804, ZoomlionRN904, ZoomlionRN1104, ZoomlionRS1304, ZoomlionRS1604.

Тракторы китайских фирм близки по эксплуатационной массе, мощности двигателя, размеру шин и др. показателям модельному ряду тракторов Беларус. Отличительная черта в комплектации тракторов и того и другого производства в оснащении балластными грузами, предназначенными для улучшения тяговых свойств.

Методология и методы исследования (Methods)

На кафедре «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования в АПК» ФГБОУ ВО «Уральский ГАУ, г. Екатеринбург была проведена исследовательская работа по выявлению балластирования (установки балластных грузов на переднюю ось, на задние колёса) на эксплуатационные свойства тракторов (производительность МТА, удельный расход топлива) [6,7].

Для сравнения были взяты следующие тракторы: Беларусь 923.3 и Zoomlion RN904. Технические характеристики указанных тракторов представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Технические характеристики тракторов Zoomlion и Беларусь.

Марка трактора	Технические характеристики			
	Эксплуатационная масса, кг	Номинальная мощность двигателя, л.с.	Суммарное количество балластных грузов, кг	Диапазон скоростей, км/ч
Беларус 923.3	4775	95,1	450	2,7-38,4
Zoomlion RN904	4350	89,7	540	1,58-33,69

Из данных, представленных в табл. 1. Видно, что энергонасыщенность белорусского трактора составляет 1,49 кВт/кН, китайского трактора составляет 1,55 кВт/кН – китайский трактор по данному показателю незначительно, но превосходит белорусский, количество балластных грузов (они влияют на тяговые свойства тракторов) составляют соответственно 9,4% от эксплуатационной массы трактора белорусских, 12,4% у китайских тракторов. Показатели энергонасыщенности тракторов – это отношение мощности двигателя к эксплуатационной массе трактора, позволяют использовать большее количество балластных грузов.

При исследовании влияния балластирования на эксплуатационные свойства тракторов, т.е. на производительность МТА, удельный расход топлива, были рассмотрены варианты балластирования тракторов имеющимся заводским комплектом балластных грузов, рассчитаны тяговые усилия тракторов в соответствии с вариантом балластирования, рассчитаны производительность машинно-тракторного агрегата, удельный расход топлива. С использованием индексного метода определён оптимальный вариант догрузки трактора балластными грузами.

Расчёты тягового усилия произведём по формуле: $P_{кр.н} = A m \varepsilon$, для тракторов с четырьмя ведущими мостами с эксплуатационной массой свыше 2600 кг $A = 3,92 \times 10^{-3}$.

Рассмотрим расчёты для трактора Беларусь 923.3 [5].

Для балластирования можно использовать передние противовесы –10 грузов по 45 кг на передний брус (2 средних с прицепной серьгой). Предложено 6 вариантов догрузки балластными грузами.

Используя формулу для расчёта тягового усилия, рассчитаем номинальные тяговые усилия при различных вариантах догрузки балластными грузами, данные расчётов представим в табл. 2.

Таблица 2 - Номинальные тяговые усилия трактора Беларусь 923.3 при различных вариантах догрузки.

№ варианта	Передняя ось		Задняя ось		Эксплуатационный вес, кг	Энергонасыщенность, кВт/кН	Номинальное тяговое усилие, кН
	Значение	%	Значение	%			
1	1791	37,5	2984	62,5	4775	1,5	18,3
2	1881	38,7	2984	61,3	4865	1,47	18,7
3	1971	39,8	2984	60,2	4955	1,44	19,0
4	2061	40,8	2984	59,2	5045	1,41	19,4
5	2151	41,9*	2984	58,1*	5135	1,39	19,8
6	2241	42,9*	2984	57,1*	5225	1,37	20,1

* Для вариантов догрузки №5 и №6 необходимо использовать навесную СХМ с увеличенной эксплуатационной массой, для снижения нагрузки на переднюю ось.

Используя диапазон рабочих передач рассчитаем тяговые усилия на различных передачах с учётом варианта балластирования, данные расчётов представим в табл. 3.

Таблица 3 - Тяговые усилия трактора Беларусь 923.3 на различных передачах при различных вариантах догрузки.

Рабочая скорость, км/ч	Тяговые усилия на различных передачах, кН					
	1	2	3	4	5	6
4,5	18,3	18,7	19,0	19,4	19,8	20,1
6,05	17,2	17,6	17,9	18,2	18,6	18,9
7,7	16,0	16,4	16,6	17,0	17,3	17,6
10,25	14,2	14,5	14,8	15,1	15,4	15,6
13,1	12,2	12,4	12,7	12,9	13,1	13,4
17,45	9,1	9,3	9,5	9,6	9,8	10,0
9,1	15,0	15,3	15,6	15,9	16,2	16,5
12,1	12,9	13,2	13,4	13,7	13,9	14,2
15,5	10,5	10,7	10,9	11,1	11,3	11,5

Для оценки влияния балластирования на производительность машинно-тракторного агрегата (МТА), на расход топлива произведём расчёты по формированию МТА для выполнения технологической операции культивация.

Исходные данные для расчётов: удельное сопротивление – 1,7 кН/м, коэффициент сопротивления перекачиванию – 0,15, запас тягового усилия 7,5%. При расчётах необходимо выбирать возможно более высокие скорости, в соответствии с агротехническими требованиями.

Тяговое сопротивление агрегата определяется по формуле: $R_a = R_m + R_f$

где R_m – тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины, кН;

R_f – сопротивление перекачиванию сельскохозяйственной машины, кН.

Часовую производительность определим по формуле:

$$W_{ч} = e B_p V_p = e \xi_B \xi_V \tau B_a V_T \quad (1)$$

где e – коэффициент, учитывающий единицы измерения скорости движения агрегата. $e = 0,1$.

B_p – рабочая ширина захвата агрегата, м; $B_p = \xi_B B_a$, где ξ_B – коэффициент использования ширины захвата учитывает отличие рабочей ширины захвата от конструктивной: $\xi_B = \frac{B_p}{B_a}$. При поверхностной обработке

$\xi_B = 0,95-0,96$.

V_p – рабочая скорость движения агрегата; $V_p = \xi_V V_T$, где ξ_V – коэффициент использования скорости: $\xi_V = \frac{V_p}{V_T}$. $\xi_V = 0,77$ для тракторов кл. 1,4-2 тс; $\xi_V = 0,81$ для тракторов кл. 3 тс.

τ – коэффициент использования времени смены: $\tau = \frac{T_p}{T_{см}}$. При хорошей организации труда и нормальных условиях эксплуатации $\tau = 0,7-0,8$.

Расчёт расхода топлива. $g_{ГА} = \frac{G_{Т.Р} + G_{Т.П} + G_{Т.ПЕР} + G_{Т.ХД}}{W_{ч}} \quad (2)$

где $G_{Т.Р}$, $G_{Т.П}$, $G_{Т.ПЕР}$, $G_{Т.ХД}$ – средние часовые расходы топлива в течение смены, кг/ч при выполнении основной (чистой) работы, холостых ходов на поворотах, переездах и во время холостой работы двигателя (во время остановок агрегата с работающим двигателем). Средние часовые расходы топлива принимаются по справочным данным или расчётным путём через удельный расход топлива на 1 эф. л.с. и степень загрузки двигателя.

Для культиватора КПС-5 $R_a = 5 \times 1,7 + 0,15 \times 12,6 = 8,5 + 1,89 = 10,39$ кн.

1 вариант. Культиватор КПС-5. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче П2^{пюн} (13,1 км/ч) с тяговым усилием 12,2 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{ч} = 0,1 \times 0,955 \times 5 \times 0,77 \times 13,1 \times 0,75 = 3,61 \text{ га/ч}$$

$$g_{ГА} = \frac{14,87 \times 0,75 + 8,17 \times 0,25}{3,61} = \frac{11,15 + 2,04}{3,61} = 3,65 \text{ кг/га}$$

2 вариант. Культиватор КПС-5. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче П2^{пoh} (13,1 км/ч) с тяговым усилием 12,4 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{т}} = 0,1 \times 0,955 \times 5 \times 0,77 \times 13,1 \times 0,75 = 3,61 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{15,15 \times 0,75 + 8,32 \times 0,25}{3,61} = \frac{11,36 + 2,08}{3,61} = 3,72 \text{ кг/га}$$

3 вариант. Культиватор КПС-5. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче П2^{пoh} (13,1 км/ч) с тяговым усилием 12,7 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{т}} = 0,1 \times 0,955 \times 5 \times 0,77 \times 13,1 \times 0,75 = 3,61 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{15,43 \times 0,75 + 8,48 \times 0,25}{3,61} = \frac{11,57 + 2,12}{3,61} = 3,79 \text{ кг/га}$$

4 вариант. Культиватор КПС-5. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче П2^{пoh} (13,1 км/ч) с тяговым усилием 12,9 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{т}} = 0,1 \times 0,955 \times 5 \times 0,77 \times 13,1 \times 0,75 = 3,61 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{15,71 \times 0,75 + 8,63 \times 0,25}{3,61} = \frac{11,78 + 2,16}{3,61} = 3,86 \text{ кг/га}$$

5 вариант. Культиватор КПС-6. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче П2^{пoh} (13,1 км/ч) с тяговым усилием 13,1 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{т}} = 0,1 \times 0,955 \times 6 \times 0,77 \times 13,1 \times 0,75 = 4,33 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{15,99 \times 0,75 + 8,79 \times 0,25}{4,33} = \frac{11,99 + 2,2}{4,33} = 3,28 \text{ кг/га}$$

6 вариант. Культиватор КПС-6. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче П2^{пoh} (13,1 км/ч) с тяговым усилием 13,4 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{т}} = 0,1 \times 0,955 \times 6 \times 0,77 \times 13,1 \times 0,75 = 4,33 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{16,27 \times 0,75 + 8,94 \times 0,25}{4,33} = \frac{12,2 + 2,23}{4,33} = 3,33 \text{ кг/га}$$

Результаты расчётов влияния балластирования на производительность машинно-тракторного агрегата (МТА), на расход топлива представим в таблице 4.

Таблица 4 - Влияние балластирования на производительность МТА, на расход топлива у агрегата в составе с трактором Беларусь 923.3.

№ варианта	Марка СХМ	Часовая производительность, га/ч	Удельный расход топлива, кг/га
1	КПС-5	3,61	3,65
2	КПС-5	3,61	3,72
3	КПС-5	3,61	3,79
4	КПС-5	3,61	3,86
5	КПС-6	4,33	3,28
6	КПС-6	4,33	3,33

Используя индексный метод, взяв за базисный 1-й вариант догрузки, определим оптимальный вариант догрузки балластными грузами трактора Беларус 923.3.

1-й вариант – $1 + 1 = 2$ балла; 2-й вариант – $1 + 0,98 = 1,98$ балла; 3-й вариант – $1 + 0,96 = 1,96$ балла; 4-й вариант – $1 + 0,95 = 1,95$ балла; 5-й вариант – $1,2 + 1,11 = 2,31$ балла; 6-й вариант – $1,2 + 1,1 = 2,3$ балла.

Оптимальным вариантом догрузки является 6 вариант.

Для трактора Zoomlion RN904.

Для балластирования можно использовать передние противовесы – 220 кг (опция до 440 кг) 11 грузов по 20 кг, колёсные противовесы – до 4-х противовесов на заднее колесо по 40 кг.

Варианты балластирования: 1 вариант – без грузов; 2 вариант – 3 передних груза по 20 кг; 3 вариант – 5 передних грузов по 20 кг; 4 вариант – 7 передних грузов по 20 кг; 5 вариант – 7 передних грузов по 20 кг + 4 противовеса на задние колёса по 40 кг (по два на колесо); 6 вариант - 9 передних грузов по 20 кг + 4 противовеса на задние колёса по 40 кг (по два на колесо); 7 вариант - 11 передних грузов по 20 кг + 4 противовеса на задние колёса по 40 кг (по два на колесо); 8 вариант - 11 передних грузов по 20 кг + 8 противовесов на задние колёса по 40 кг (по четыре на колесо).

Используя формулу для расчёта тягового усилия, рассчитаем номинальные тяговые усилия при различных вариантах догрузки балластными грузами, данные расчётов представим в табл. 5.

Таблица 5 - Номинальные тяговые усилия трактора Zoomlion RN904 при различных вариантах догрузки.

№ варианта	Передняя ось		Задняя ось		Эксплуатационный вес, кг	Энергонасыщенность, кВт/кН	Номинальное тяговое усилие, кН
	Значение	%	Значение	%			
1	1631	37,5	2719	62,5	4350	1,55	16,7
2	1691	38,3	2719	61,7	4410	1,53	16,9
3	1731	38,9	2719	61,1	4450	1,51	17,1
4	1771	39,4	2719	60,6	4490	1,5	17,3
5	1771	38,1	2879	61,9	4650	1,45	17,9
6	1811	38,6	2879	61,4	4690	1,43	18,0
7	1851	39,1	2879	60,9	4730	1,42	18,2
8	1851	37,8	3039	62,2	4890	1,38	18,8

Используя диапазон рабочих передач рассчитаем тяговые усилия на различных передачах с учётом варианта балластирования, данные расчётов представим в табл. 6.

Таблица 6 - Тяговые усилия трактора Zoomlion RN904 на различных передачах при различных вариантах догрузки.

Рабочая скорость, км/ч	Тяговые усилия на различных передачах, кН							
5,31	15,7	15,9	16,1	16,3	16,8	16,9	17,1	17,7
2,34	16,7	16,9	17,1	17,3	17,9	18,0	18,2	18,8
3,12	16,7	16,9	17,1	17,3	17,9	18,0	18,2	18,8
4,04	16,7	16,9	17,1	17,3	17,9	18,0	18,2	18,8
7,86	13,8	13,9	14,1	14,3	14,7	14,8	15,0	15,5
6,78	14,6	14,8	14,9	15,1	15,6	15,7	15,9	16,4
9,02	12,9	13,0	13,2	13,3	13,8	13,9	14,0	14,2
11,7	10,8	10,9	11,1	11,2	11,6	11,7	11,8	12,1
22,76	2,3	2,34	2,36	2,4	2,42	2,52	2,52	2,51
10,03	11,9	12,2	12,4	12,5	12,9	13,0	13,2	13,6
13,35	9,54	9,66	9,77	9,89	10,2	10,3	10,4	10,7

Для культиватора КПС-4 $R_a = 4 \times 1,7 + 0,15 \times 7,96 = 6,8 + 1,19 = 7,99$ кН

1 вариант. Культиватор КПС-4. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче IV2 (13,35 км/ч) с тяговым усилием 9,54 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{ч}} = 0,1 \times 0,955 \times 4 \times 0,77 \times 13,35 \times 0,75 = 2,94 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{9,2 \times 0,75 + 5 \times 0,25}{2,94} = \frac{6,9 + 1,25}{2,94} = 2,77 \text{ кг/га}$$

2 вариант. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче IV2 (13,35 км/ч) с тяговым усилием 9,66 кН

$$W_{\text{ч}} = 0,1 \times 0,955 \times 4 \times 0,77 \times 13,35 \times 0,75 = 2,94 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{9,33 \times 0,75 + 5,07 \times 0,25}{2,94} = \frac{7 + 1,27}{2,94} = 2,81 \text{ кг/га}$$

Для культиватора КПС-6 $R_a = 6 \times 1,7 + 0,15 \times 13,6 = 10,2 + 2,04 = 12,24$ кН.

3 вариант. Культиватор КПС-6. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче III2 (9,02 км/ч) с тяговым усилием 13,2 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{ч}} = 0,1 \times 0,955 \times 6 \times 0,77 \times 9,02 \times 0,75 = 2,98 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{9,41 \times 0,75 + 5,11 \times 0,25}{2,98} = \frac{7,06 + 1,28}{2,98} = 2,8 \text{ кг/га}$$

4 вариант. Культиватор КПС-6. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче III2 (9,02 км/ч) с тяговым усилием 13,3 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{ч}} = 0,1 \times 0,955 \times 6 \times 0,77 \times 9,02 \times 0,75 = 2,98 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{9,5 \times 0,75 + 5,16 \times 0,25}{2,98} = \frac{7,12 + 1,29}{2,98} = 2,82 \text{ кг/га}$$

5 вариант. Культиватор КПС-6. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче III2 (9,02 км/ч) с тяговым усилием 13,8 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{ч}} = 0,1 \times 0,955 \times 6 \times 0,77 \times 9,02 \times 0,75 = 2,98 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{9,83 \times 0,75 + 5,34 \times 0,25}{2,98} = \frac{7,37 + 1,33}{2,98} = 2,92 \text{ кг/га}$$

6 вариант. Культиватор КПС-6. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче III2 (9,02 км/ч) с тяговым усилием 13,9 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{ч}} = 0,1 \times 0,955 \times 6 \times 0,77 \times 9,02 \times 0,75 = 2,98 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{9,92 \times 0,75 + 5,39 \times 0,25}{2,98} = \frac{7,44 + 1,35}{2,98} = 2,95 \text{ кг/га}$$

7 вариант. Культиватор КПС-6. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче IV1 (10,3 км/ч) с тяговым усилием 13,2 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{ч}} = 0,1 \times 0,955 \times 6 \times 0,77 \times 10,3 \times 0,75 = 3,41 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{10 \times 0,75 + 5,44 \times 0,25}{3,41} = \frac{7,5 + 1,36}{3,41} = 2,6 \text{ кг/га}$$

8 вариант. Культиватор КПС-6. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче IV1 (10,3 км/ч) с тяговым усилием 13,6 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{ч}} = 0,1 \times 0,955 \times 6 \times 0,77 \times 10,3 \times 0,75 = 3,41 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{10,3 \times 0,75 + 5,62 \times 0,25}{3,41} = \frac{7,72 + 1,4}{3,41} = 2,67 \text{ кг/га}$$

Результаты расчётов влияния балластирования на производительность машинно-тракторного агрегата (МТА), на расход топлива представим в таблице 7.

Таблица 7 - Влияние балластирования на производительность МТА, на расход топлива у агрегата в составе с трактором Zoomlion RN904.

№ варианта	Марка СХМ	Часовая производительность, га/ч	Удельный расход топлива, кг/га
1	КПС-4	2,94	2,77
2	КПС-4	2,94	2,81
3	КПС-6	2,98	2,8
4	КПС-6	2,98	2,82
5	КПС-6	2,98	2,92
6	КПС-6	2,98	2,95
7	КПС-6	3,41	2,6
8	КПС-6	3,41	2,67

Используя индексный метод, взяв за базисный 1-й вариант догрузки, определим оптимальный вариант догрузки балластными грузами трактора Zoomlion RN904.

1-й вариант – $1 + 1 = 2$ балла; 2-й вариант – $1 + 0,99 = 1,99$ балла; 3-й вариант – $1,01 + 0,99 = 2$ балла; 4-й вариант – $1,01 + 0,98 = 1,99$ балла; 5-й вариант – $1,01 + 0,95 = 1,96$ балла; 6-й вариант – $1,01 + 0,94 = 1,95$ балла; **7-й вариант – $1,23 + 1,06 = 2,29$ балла**; 8-й вариант – $1,23 + 1,04 = 2,27$ балла.

Оптимальным вариантом догрузки является 7 вариант.

Результаты расчётов, сравнительного анализа эксплуатационных свойств тракторов Беларус 923.3, Zoomlion RN 904 представим в табл. 8.

Таблица 8 - Сравнительный анализ эксплуатационных свойств тракторов.

Марка трактора	Показатели				
	Эксплуатационная масса, кг	Мощность двигателя, кВт	Марка культиватора	Производительность агрегата, га/ч	Удельный расход топлива, кг/га
Беларус 923.3	4775	70	КПС-6	4,33	3,28
Zoomlion RN 904	4350	66	КПС-6	3,41	2,6

Результаты исследований (The results of the research)

Произведённые расчёты, анализ говорят о том, что тракторы с эксплуатационной массой 4350 кг – 4775 кг, мощностью двигателя 89,7 л.с. – 95,1 л.с. имеют практически одинаковую энергонасыщенность 1,37 – 1,5 кВт/кН - Беларус 923.3, $\Theta = 1,38 - 1,55$ кВт/кН - Zoomlion RN904. Но из-за отсутствия колёсных балластных грузов у трактора Беларус 923.3 при пятом и шестом вариантах догрузки возникает необходимость использования навесной СХМ с увеличенной эксплуатационной массой, для снижения нагрузки на переднюю ось, у Zoomlion RN904, в силу наличия колёсных балластных грузов такой проблемы нет. Для обоих тракторов напрашивается более мощный двигатель, что повысит энергонасыщенность тракторов, а в результате повысит эксплуатационные свойства. Используя индексный метод и взяв за базисный вариант эксплуатационные свойства трактора Zoomlion RN904 мы имеем: Zoomlion RN904 – 2 балла, Беларус 923.3 – $1,27 + 0,79 = 2,06$ балла. То есть трактор Беларус 923.3 имеет более высокие эксплуатационные свойства по сравнению с Zoomlion RN904.

Заводам изготовителям белорусских тракторов рекомендуем дополнить комплект балластных грузов колёсными балластными грузами в соответствии с эксплуатационной массой трактора, по аналогии с китайскими тракторами фирмы Zoomlion, европейскими и американскими аналогами.

Очень важное значение для эксплуатационных свойств тракторов имеет удельный расход топлива, так для трактора Беларус 923.3 он составляет 234-249 г/кВт.ч. для трактора китайского производства 220 – 225 г/кВт.ч.

Библиографический список

1. Китайские тракторы: есть ли у техники будущее на российском рынке? (часть 1). URL: <https://glavpahar.ru/articles/kitayskie-traktory-est-li-u-tehniki-budushchee-na-rossiyskom-rynke-chast-1>. Дата обращения 11.01.2022.

2. Китай стал лидером по производству сельхозтехники. URL: <https://chinalogist.ru/book/news/za-rubezhom/kitay-stal-liderom-po-proizvodstvu-selhoztehniki>. Дата обращения 11.01.2022.
3. Миллионы тракторов - мировые лидеры. URL: <https://zen.yandex.ru/media/tractor/milliony-traktorov-mirovye-lidery-5b4e28746a5ab500ab997a6e>. Дата обращения 11.01.2022.
4. Азия увеличивает свою долю в мировом объеме производства сельхозтехники. URL: <https://www.apk-inform.com/ru/exclusive/topic/1031731>. Дата обращения 11.01.2022.
5. БЕЛАРУС 923.3 / 923.4. 923.3-0000010 РЭ. Руководство по эксплуатации. ОАО «МТЗ». 2015 г. 210 с.
6. Иовлев Г.А., Голдина И.И. Эксплуатационные свойства, балластирование, производительность машинно-тракторных агрегатов// Теория и практика мировой науки.2022.№3.С.50-55.
7. Иовлев Г.А., Голдина И.И. Балластирование как способ повышения эксплуатационных свойств трактора// Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2022. 69. №1(46). С.44-54.

References

1. Chinese tractors: does the equipment have a future in the Russian market? (part 1). URL: <https://glavpahar.ru/articles/kitayskie-traktory-est-li-u-tehniki-budushchee-na-rossiyskom-rynke-chast-1>. Accessed 11.01.2022.
2. China has become a leader in the production of agricultural machinery. URL: <https://chinalogist.ru/book/news/za-rubezhom/kitay-stal-liderom-po-proizvodstvu-selhoztehniki>. Accessed 21.04.2022.
3. Millions of tractors are world leaders. URL: <https://zen.yandex.ru/media/tractor/milliony-traktorov-mirovye-lidery-5b4e28746a5ab500ab997a6e>. Accessed 11.01.2022.
4. Asia is increasing its share in the global volume of agricultural machinery production. URL: <https://www.apk-inform.com/ru/exclusive/topic/1031731> . Accessed 11.01.2022.
5. BELARUS 923.3 / 923.4. 923.3-0000010 RE. Operation manual. JSC "MTZ". 2015 210 p .
6. Iovlev G.A., Goldina I.I. Operational properties, ballasting, productivity of machine-tractor units// Theory and practice of world science.2022.No.3.pp.50-55
7. Iovlev G.A., Goldina I.I. Ballasting as a way to improve the operational properties of a tractor// Electrotechnologies and electrical equipment in the agro-industrial complex. 2022. 69. №1(46). Pp.44-54.

ПОЛУЧЕНИЕ ЗАМЕНИТЕЛЯ ГРУДНОГО МОЛОКА МЕТОДОМ МЕМБРАННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ИНТЕГРАЦИЕЙ НЕОБХОДИМЫХ КОМПОНЕНТОВ**В.А. Зубрицкий^{1*}, В.А. Тимкин¹****¹ ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, Екатеринбург, Россия***** E-mail: Vladimir-zubrickiy@mail.ru**

Аннотация. В статье рассматривается польза грудного молока и проблема грудного вскармливания в России. Предлагаемая разработка технологии производства молока, схожего по аминокислотному составу с грудным молоком, обеспечивает полноценность питания новорожденных детей. В качестве основного сырья может быть использовано коровье молоко, изменяя состав которого предлагается получить продукт, схожий с грудным молоком. Обезжиренное молоко подвергалось микробиологической очистке методом микрофльтрационного разделения. В основе получения заменителя грудного молока используется мембранная дифференциация. Для достижения требуемых результатов предлагается применить процессы микрофльтрации и ультрафльтрации. Это позволит извлекать из молока белок, не влияя на содержание углеводов, ферментов и лактозы самого молока. Рассмотрена возможность разделения коровьего обезжиренного молока баромембранными процессами на составные части посредством приближения к изоэлектрической точке отдельной белковой фракции. Получение заменителя грудного молока происходит путем разделения белковых фракций посредством приближения к изоэлектрической точке выделяемой фракции (сывороточный альбумин, Иммуноглобулины, α 1-Казеин, β -Лактоглобулин, α -Лактоглобулин, β -Казеин, γ -казеин). После объединения, в определенной пропорции, выделенных белковых фракций, получают заменитель грудного молока, который максимально схож с женским грудным молоком по белковому и аминокислотному составу. Разработана технологическая схема производства заменителя грудного молока и определены предпочтительные технологические параметры баромембранных процессов разделения молока.

Ключевые слова: Баромембранные процессы, микрофльтрация, ультрафльтрация, мембрана, молоко коровье, молоко грудное, заменитель грудного молока, детское питание, грудное вскармливание.

OBTAINING A BREAST-MILK SUBSTITUTE BY THE METHOD OF MEMBRANE DEFFIRINCIATION WITH SUBSEQUENT INTEGRATION OF NECESSARY COMPONENTS**V.A. Zubrickiy^{1*}, V.A. Timkin¹****¹ Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia***** E-mail: Vladimir-zubrickiy@mail.ru**

Abstract. The article discusses the benefits of breast milk and the problem of breastfeeding in Russia. The proposed development of a technology for the production of milk, similar in amino acid composition to breast milk, ensures the nutritional value of newborns. Cow's milk can be used as the main raw material, by changing the composition of which it is proposed to obtain a product similar to breast milk. Skimmed milk was subjected to microbiological purification by microfiltration separation. Membrane differentiation is used in the production of breast milk substitute. To achieve the desired results, it is proposed to apply the processes of microfiltration and ultrafiltration. This will allow you to extract protein from milk without affecting the content of carbohydrates, enzymes and lactose of the milk itself. The possibility of separating cow's skimmed milk by baromembrane processes into constituent parts by approaching the isoelectric point of a separate protein fraction is considered. Obtaining a breast milk substitute occurs by separating the protein fractions by approaching the isoelectric point of the allocated fraction (serum albumin, Immunoglobulins, α 1-Casein, β -Lactoglobulin, α -Lactoglobulin, β -Casein, γ -casein). After combining, in a certain proportion, the isolated protein fractions, a breast milk substitute is obtained, which is as similar as possible to women's breast milk in terms of protein and amino acid composition. A technological scheme for the production of breast milk substitute has been developed and the preferred technological parameters of baromembrane milk separation processes have been determined.

Keywords: Baromembrane processes, microfiltration, ultrafiltration, membrane, cow's milk, breast milk, breast milk substitute, baby food, breastfeeding.

Постановка проблемы (Introduction)

В настоящее время пользу кормления грудью доказывают научные исследования Национального медицинского исследовательского центра акушерства – грудное вскармливание для новорожденных детей стимулирует созревание желудочно-кишечного тракта и моторику, обеспечивает защиту от инфекционных заболеваний, способствует снижению риска кишечных инфекций, формирует правильную микрофлору кишечника у новорожденных детей и др. Белок входящий в состав молока, является основным строительным материалом всех клеток организма ребенка [1]. В России по статистике кормящих грудью женщин, с 3-6 месяцев – 43,2% женщин, с 6-12 месяцев - 40,4%. [2]

Целью работы является получение заменителя грудного молока с помощью мембранной дифференциации молока и последующей интеграцией компонентов в технологии продуктов детского питания, что даст возможность обеспечить новорожденных детей незаменимыми аминокислотами и полноценными белкам. Содержание в продукте казеина и белка молочной сыворотки должно быть нормированным для обеспечения детей разных возрастов.

Методология и методы исследования (Methods)

Данная технология осуществляется благодаря баромембранным процессам, предлагается применить процессы микрофльтрации и ультрафльтрации.

Баромембранные процессы позволяют извлекать из молока белок, очищать, фракционировать и концентрировать его, не влияя на содержание углеводов, лактозы и ферментов самого молока, без фазового перехода воды, при минимальных энергетических затратах.

Заменитель грудного молока производится с использованием коровьего молока на керамических мембранах, в зависимости от количества белков грудного молока и их размера, можно удалить либо сконцентрировать определенный белок с помощью процессов микрофильтрации и ультрафильтрации. [4-9].

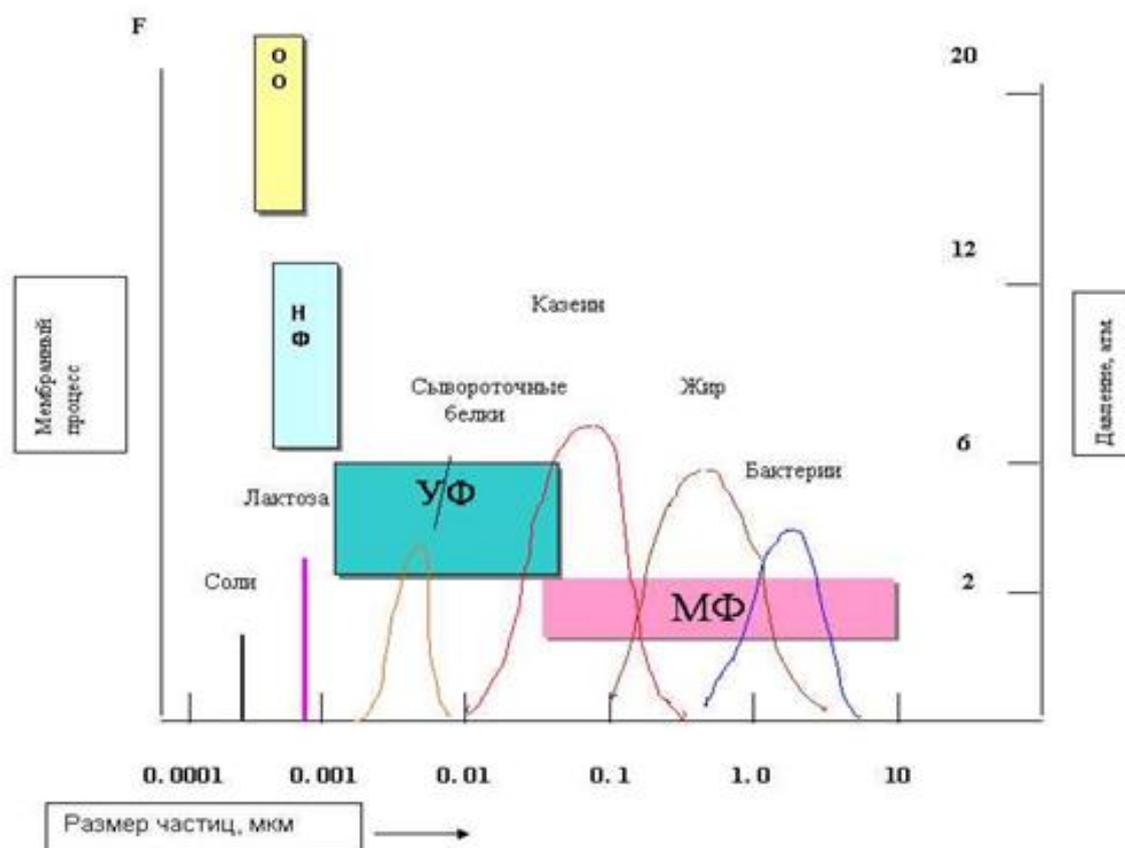


Рисунок 1 - Схема прохождения мембранных процессов при концентрировании и отделении белка, зависящее от размеров частиц белка.

Зная прохождение процессов от размеров частиц белка при концентрировании и отделении белка (Рис. 1), существует возможность изменения количества белков и аминокислот коровьего молока.

Объектом исследования явилось обработанное обезжиренное молоко (таблица 1). Обезжиренное молоко соответствует ГОСТ Р 53503-2009. Обработка молока заключалась в его микробиологической очистке методом микрофильтрационного разделения. Молоко, близкое по составу к грудному молоку, получали путем ультрафильтрационного разделения отдельной партии, с последующим охлаждением продукта до $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Отбор и подготовка проб к анализу проводились в соответствии с ГОСТ 26809.1 – 2014.

Таблица 1 - Физико-химические показатели обработанного обезжиренного молока (средние значения)

Параметры	Микрофльтрационное молоко
Белок общий, % (масс.)	3,01
Лактоза, %(масс.)	4,65
Жир, %(масс.)	0,01
Минеральные вещества, %(масс.)	0,8
Сухие вещества, % (масс.)	8,5
Водородный показатель, рН	6,68
Кислотность, °Т	17,0

Объектами исследования являлись пищевые среды, учитывая это, время проведения каждого эксперимента не более 40 – 50 мин. При таких органолептических и физико-химических показателях образцы сохраняли свои нормативные значения.

Результаты (Results)

Получение заменителя грудного молока происходит путем разделения белковых фракций посредством приближения к изоэлектрической точке (Сывороточный альбумин, Иммуноглобулины, α S1-Казеин, β -Лактоглобулин, α -Лактоглобулин, β -Казеин, γ -казеин).

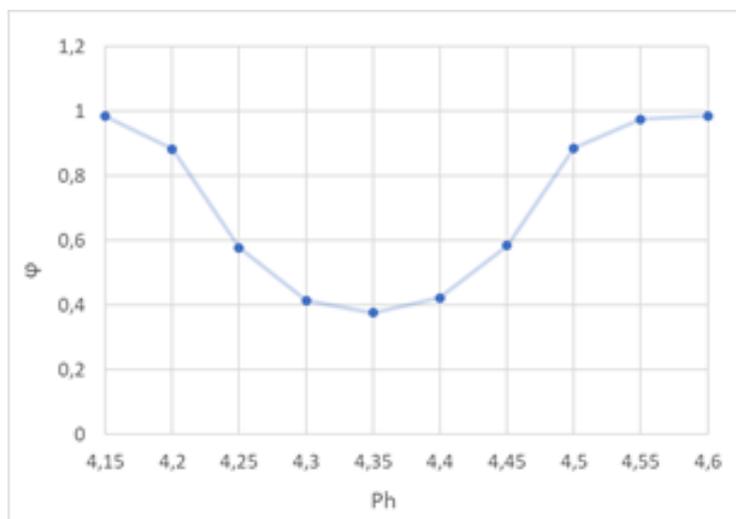


Рисунок 2 - Зависимость селективности α -лактальбумина от кислотности (получение изоэлектрической точки).

Благодаря использованию мембранных процессов микрофльтрации и ультрафльтрации белковые фракции разделяют на составляющие, с дальнейшим изменением количественного состава белковых фракций к белковому составу грудного женского молока, приведенного в таблице 2.

Таблица 2 - Сравнительный фракционный состав белков козьего, коровьего и женского молока

Белки и белковые фракции	Молоко, г/100 мл		
	Козье	Коровье	Женское
α S ₁ -Казеин	-	1,37	-
β -Казеин	2,28	0,62	0,25
γ -казеин	-	0,12	-
β -Лактоглобулин	0,26	0,3	-
α -Лактоглобулин	0,43	0,07	0,03
Имуноглобулины	-	0,06	0,1
Сывороточный альбумин	-	0,03	0,05

После объединения, в определенной пропорции, выделенных белковых фракций, получают заменитель грудного молока максимально схожим с женским грудным молоком белковым и аминокислотным составом.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведенные исследования позволили разработать технологическую схему производства молока, близкого по составу к грудному молоку: Обезжиренное коровье молоко, благодаря процессу микрофльтрации, очищается от патогенной микрофлоры. Также на этой стадии выделяется казеиновая фракция. Далее очищенное молоко проходит процесс ультрафльтрации, при данном процессе молоко разделяется на пермеат и белковые фракции, так же в зависимости от задачи, белки либо удаляются, либо концентрируются, конечным этапом является обработка готового продукта холодом, фасование, упаковывание и хранение.

Библиографический список:

1. Г. Байланд. Технология производства молочных продуктов / Г. Байланд. М.: TetraPak, 2010. — 440 с.
2. Г.К. Оксенойт, С.Ю. Никитина, Здоровоохранение в России. 2017: Стат.сб./Росстат. - М., 3-46 2017. – 170 с.:
3. Евдокимов И.А., Володин Д.Н. и др. Обработка молочного сырья мембранными методами / Молочная промышленность. 2012, №2
4. Применение баромембранных процессов в молочной промышленности Тимкин В.А., Лазарев В.А. Переработка молока. 2017. № 9 (216). С. 62-65.
5. Баромембранные процессы в молочной промышленности Тимкин В.А. Аграрный вестник Урала. 2017. № 6 (160).

6. Баромембранная технология переработки молока – перспективное направление развития отрасли Тимкин В.А. В сборнике: Пища. Экология. Качество. труды XIV международной научно-практической конференции. 2017. С. 249-253.

7. Зубрицкий В.А., Тимкин В.А. Разработка технологии производства высокобелкового молока Молодежь и наука. 2018 № 8 С. 42.

8. Зубрицкий В.А. Разработка технологии производства высокобелкового молока В сборнике: Молодые исследователи – развитию молочнохозяйственной отрасли Сборник научных трудов по результатам работы II всероссийской с международным участием научно- практической конференции. 2018 С. 15-18.

9. Тимкин В.А., Зубрицкий В.А., Биотехнология молочного детского питания с применением баромембранных процессов, В книге: Теоретические, практические и безопасные аспекты ведения сельского хозяйства. сборник тезисов круглого стола. 2021. С. 104-105.

References

1. G. Bailand. Technology of production of dairy products / G. Bailand. M.: TetraPak, 2010. -440 p.
2. G.K. Oksenoit, S.Yu. Nikitina, Health care in Russia. 2017: Stat.sb./Rosstat. - M., Z-46 2017. - 170 p.:
3. Evdokimov I.A., Volodin D.N. Processing of milk raw materials by membrane methods / Dairy industry. 2012, №2
4. Application of baromembrane processes in the dairy industry Timkin V.A., Lazarev V.A. Milk processing. 2017. No. 9 (216). pp. 62-65.
5. Baromembrane processes in the dairy industry Timkin V.A. Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. No. 6 (160).
6. Baromembrane technology of milk processing - a promising direction for the development of the industry Timkin V.A. In the collection: Food. Ecology. Quality. Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference. 2017. S. 249-253.
7. Zubritsky V.A., Timkin V.A. Development of production technology of high-protein milk Youth and science. 2018 No. 8 S. 42.
8. Zubritsky V.A. Development of technology for the production of high protein milk In the collection: Young researchers - the development of the dairy industry Collection of scientific papers based on the results of the work of the II All-Russian scientific and practical conference with international participation. 2018 S. 15-18.
9. Timkin V.A., Zubritsky V.A., Biotechnology of dairy children's food using baromembrate processes, In the book: Theoretical, practical and safe aspects of farming. collection of abstracts of the round table. 2021. S. 104-105.

**СТРУКТУРНЫЙ КАРКАС УПРУГОСТИ, ДЕФОРМАЦИЯ И РЕЛАКСАЦИЯ
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**Панков Ю.В.^{1*}, Минухин Л.А.¹, Садов А.А.¹, Новопашин Л.А.¹¹ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, Россия, Екатеринбург

*E-mail: kafedrattm@ya.ru

Аннотация. Реальное биотехнологическое тело пищевых производств – это высокомолекулярное цепочно-клубочное, блочное или пузырчатое образование материала из природного сырья растительного или животного происхождения в форме дисперсных мономеров. Для выбора технологических процессов переработки сырья растительного или животного происхождения особую роль играет знание физико-механических свойств поведения исходного материала. Современные технологии изготовления изделий пищевых производств используют дисперсные системы высокомолекулярного строения из мономеров. Воздействие рабочих элементов машин вызывает разнообразные деформационные состояния материала полуфабриката или изделия. Все структурно деформационные события дисперсных систем происходят по законам физико-химической механики. Она сформировалась благодаря работам академика П.А. Ребиндера и его школы в середине XX века как новая область научного знания, пограничная коллоидной химии, молекулярной физики твердого тела, механике материалов и технологии их производства.

В работе рассматривается влияние упругости макромолекул в дисперсной системе вода-мука при соотношении 40-60% соответственно. Учитывается, что тесто — это коллоид вязкоупругого состояния. Упругая часть теста – белковая сетка (клейковина). Наполнительная часть теста – это крахмал. Количественно мономеров белка $2 \cdot 10^6$, а крахмала только $2 \cdot 10^3$ молекулярных частиц в цепочке. Основную упругость создают высокомолекулярные цепочки белка, в то время крахмал определяет или пластичность, или жесткость в зависимости от условий окружающей технологической среды. Когда макромолекула белка находится в окружении цепочных сеток крахмала и своих белковых соседей начинает проявлять упругие свойства с релаксацией. Картина релаксационных событий требует применять свои технологические приемы при изготовлении заготовок изделий.

Ключевые слова: структурный каркас, дисперсная система, биотехнологическое тело, цепь макромолекулы, пищевое производство, деформация, упругость, период релаксации,

**STRUCTURAL ELASTIC FRAMEWORK, DEFORMATION AND RELAXATION OF A
BIOTECHNOLOGICAL SYSTEM**Pankov Yu.V.^{1*}, Minukhin L.A.¹, Sadov A.A.¹, Novopashin L.A.¹¹Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

*E-mail: kafedrattm@ya.ru

Abstract. The real biotechnological body of food production is a high-molecular chain-ball, block or bubble formation of material from natural raw materials of plant or animal origin in the form of dispersed monomers. For the choice of technological processes for the processing of raw materials of plant or animal origin, knowledge of the physical and mechanical properties of the behavior of the starting material plays a special role. Modern technologies for the manufacture of food products use disperse systems of a high molecular structure from monomers. The impact of the working elements of machines causes a variety of deformation states of the material of the semi-finished product or product. All structural deformation events of dispersed systems occur according to the laws of physical and chemical mechanics. It was formed thanks to the work of Academician P.A. Reh binder and his school in the middle of the twentieth century as a new field of scientific knowledge, colloidal chemistry, molecular physics of solids, mechanics of materials and technology of their production.

The paper considers the influence of the elasticity of macromolecules in a dispersed water-flour system at a ratio of 40-60%, respectively. It is taken into account that the dough is a colloid of a viscoelastic state. The elastic part of the dough is a protein mesh (gluten). The filling part of the dough is starch. The number of protein monomers is $2 \cdot 10^6$, , and that of starch is only $2 \cdot 10^3$ molecular particles in the chain. The main elasticity is created by high-molecular protein chains, while starch determines either plasticity or rigidity, depending on the environmental conditions of the technological environment. When a protein macromolecule is surrounded by chain networks of starch and its protein neighbors, it begins to show elastic properties with relaxation. The pattern of relaxation events requires the use of one's own technological methods in the manufacture of product blanks.

Keywords: structural frame, dispersed system, biotechnological body, macromolecule chain, food production, deformation, elasticity, relaxation period,

Постановка проблемы (Introduction)

Реальное биотехнологическое тело – это высокомолекулярное цепочно-клубочное, блочное или пузырчатое образование материала из природного сырья растительного или животного происхождения в форме дисперсных мономеров. Системы пищевых производств обладают физико-химическими и механическими свойствами. Дисперсные мономерные звенья сложной биотехнологической системы связаны в цепь. Это означает, что они не в состоянии двигаться независимо друг от друга подобно низкомолекулярным газам или молекулам жидкости. Физически это означает, что цепные системы бедны энтропией. Процесс образования пространственного структурного каркаса в результате сцепления или срастания частиц дисперсной фазы, сопровождающийся увеличением прочности системы, называется структурообразованием. Структуры, то есть внутренние связи и строение материала изделия (продукта), имеющая характер взаимодействия между отдельными ее элементами (мономерами), определяются химическим составом, температурой,

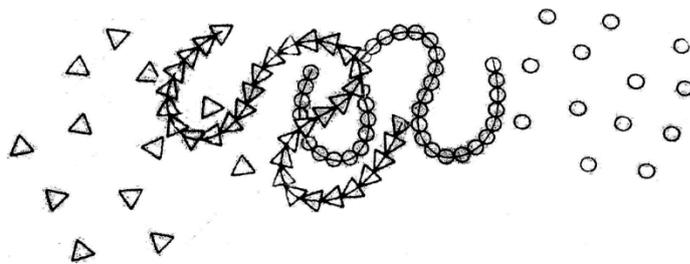


Рисунок 1 – Строение остова вещества из дисперсно - молекулярных мономеров

дисперсностью, агрегативным состоянием, биохимическими показателями и рядом технологических факторов. Каждая структура имеет соответствующие ей степени свободы. Формирование структуры связано с изменением механических свойств системы – вязкости, пластичности, упругости, прочности, эластичности в силу чего эти свойства называют структурно-механическими или реологическими («рео» – поток). К специфическим свойствам реологического тела можно отнести: способность высокомолекулярного вещества (полимера) воспринимать механическое воздействие с возникновением у материала обратимых высокоэластичных деформаций и релаксации; способность образования анизотропных структур; способность образовывать высоковязкие растворы при взаимодействии с растворителями, способность резкого изменения свойств материала при добавлении ничтожно малых добавок низкомолекулярных веществ. В работе рассматривается влияние упругости макромолекул в дисперсной системе вода-мука при соотношении 40-60% соответственно. Учитывается, что тесто это коллоид вязко-упругого состояния. Упругая часть теста – белковая сетка (клейковина). Наполнительная часть теста – это крахмал. Количественно мономеров белка $2 \cdot 10^6$, а крахмала только $2 \cdot 10^3$ молекулярных частиц в цепочке. Основную упругость создают высокомолекулярные цепочки белка, в то время крахмал определяет или пластичность или жесткость в зависимости от условий окружающей технологической среды. Когда макромолекула белка находится в окружении цепочных сеток крахмала и своих белковых соседей начинает проявлять упругие свойства с релаксацией. Характеризующим структурное строение высокомолекулярных тел свойством, является наличие длинных молекулярных цепей с резким различием характера связей вдоль цепи и между цепями. Молекулярные цепи-клубки вещества всегда находится во взаимодействии с окружающей средой. Может представлять собой твердообразное тело или состояние жидкости различной консистенции. Поэтому для характеристики высокомолекулярного вещества необходимо иметь сведения о природе межмолекулярных взаимодействий. При линейной структуре макромолекул каждое элементарное звено-мономер связано с двумя соседними звеньями. Поэтому каждая макромолекула представляет собой неразветвленную цепь, в которой чередуются звенья, составленные из вошедших в нее соединившихся между собой мономеров. Линейные макромолекулы системы представляют собой длинные зигзагообразные или закрученные в спираль цепочки.



Рисунок 2 – Имитационное моделирование реакции линейных цепей высокомолекулярного строения в клубок и глобулу от внешнего химического или температурного воздействия

Гибкие макромолекулы с высокой прочностью вдоль цепи и слабыми межцепными молекулярными связями обеспечивают эластичность материала системы, способность размягчаться при нагревании, а при охлаждении вновь затвердевать. На физико-механические и химические свойства линейного полимера влияет плотность упаковки молекул в единице объема. При плотной упаковке возникает более сильное межмолекулярное притяжение, что приводит к повышению плотности, прочности. Линейные полимеры являются наиболее подходящими для характеристики белковых материалов. Гибкие макромолекулы стремятся принять энергетически более выгодную сферическую форму, сворачиваясь в клубки, например, при нагревании, называемые глобулами. Такое глобулярное строение имеют, например, белки. Основные причины образования глобул – это то, что силы внутримолекулярного взаимодействия между группами атомов, входящих в молекулу, превосходит силы межмолекулярного цепного взаимодействия, и то, что макромолекулы обладают высокой гибкостью.



Рисунок 3 – Созревание сложной IV структуры белка (каркаса) высокомолекулярной системы клубков определяющая упругость и эластичность коллоида капиллярно пористой системы теста материала мука-вода с дрожжевой добавкой и хлебного мякиша изделия

Методология и методы исследования (Methods)

Полимер, состоящий из глобул, не проявляет специфических механических свойств – прочности и высокой эластичности. Поэтому весь комплекс аномальных свойств материала из структурного каркаса исходного сырьевого вещества определяется наличием линейно-цепных молекул с относительно слабыми химическими межмолекулярными взаимодействиями между собой. Но сильными физико-механическими взаимодействиями. Поэтому, полимерный каркас реального тела – химическое соединение с высокой молекулярной массой (от нескольких тысяч до многих миллионов), молекулы

которых (макромолекулы) состоят из большого числа повторяющихся группировок мономерных звеньев. Атомы веществ, входящие в состав макромолекул (полимеров), соединены друг с другом силами главных координационных валентностей. Химический состав, молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение, гибкость макромолекул и стереорегулярность компонентов молекулярной цепи являются важнейшими характеристиками, влияющими на свойство полимерного материала. Состав высокомолекулярного материала весьма разнообразен и колеблется от почти индивидуальных мономеров до весьма сложных систем, включающих разнообразные компоненты, регулирующие технологические и потребительские свойства материала. К подобным компонентам относятся различные химически инертные или активные вещества модификаторы: растворители, загустители, красители, антиоксиданты, термо-стабилизаторы, структуро- и поро-образователи, пластификаторы,. Поэтому большинство полимерных материалов можно рассматривать как наполненные структуры. Область науки, изучающая физическую химию процессов образования материалов из дисперсных структур, деформирования и разрушения, называется физико-химической механикой твердых тел и дисперсных структур. Основной задачей физико-химической механики является создание материалов с заданными свойствами и оптимальной для целей их применение структурой

Она сформировалась благодаря работам академика П.А. Ребиндера и его школы в середине XX века как новая область научного знания, пограничная коллоидной химии, молекулярной физики твердого тела, механике материалов и технологии их производства.

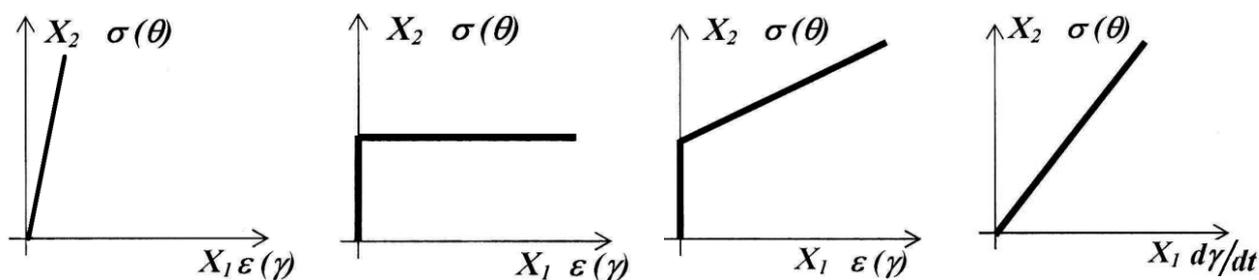


Рисунок 4 – Характеристический деформационный отклик реальных тел при механического силового воздействия дает название материалу

В недеформируемом высокомолекулярном биотехнологическом материале исходного полуфабриката пищевых производств существует внутреннее равновесие. Внутреннее расположение молекулярных клубков соответствует состоянию его теплового равновесия. При этом все части материала в реологическом состоянии высокомолекулярных клубков находятся друг с другом в механическом равновесии. Все внутренние потоки имеют нулевые перемещения.

Таблица 1- Характеристика отклика реологического тела от действия механических сил и температуры по рис. 4

Закон Гука

$$\sigma = E \cdot \gamma.$$

$$\theta_{ij} = G u_{ij}$$

Сен-Венаново тело

$$\gamma = f(\theta_{ij})$$

Бингамова жидкость

$$Q = \frac{k}{\eta} (P - P_d)$$

Ньютонова жидкость

$$\theta = G \cdot (d\gamma/dt).$$

Закон высокоэластичности

$$\sigma = kTv(\lambda - \frac{1}{\lambda^2})$$

Напряжение пропорционально деформации. Линейная зависимость пропорциональности описывается законом Гука. Упругое тело обладает полной механической и термодинамической обратимостью

При достижении предельного напряжения сдвига начинаются пластические деформации. Пластичность – это необратимая деформация, отсутствует пропорциональность между воздействиями и деформациями. При напряжениях меньше предела текучести деформация не происходит

Реологическое тело Для структурированных жидкостей характерны кривые типа III. При малых P наблюдается медленное течение с линейной зависимостью Q(P) и очень малым наклоном (соответствующем весьма высокой η . Нелинейные зависимости свойств, требуют эмпирического определения параметров.

Напряжение пропорционально градиенту скорости в первой степени в соответствии с уравнением Ньютона. Вязкость механически и термодинамически необратима, т.е. после прекращения воздействия напряжения сдвига исходная форма тела не восстанавливается.

Повышение температуры нагрева биотехнологической системы снижает свойство высокоэластичности и реологическое вещество твердеет. Чем выше температура нагрева вещества, тем больше напряжение разрушения.

Если выделить внутри такого реологического тела какой-нибудь объём, то равнодействующая всех сил, действующих на этот объём со стороны других частей, равна нулю. При деформировании, от внешнего силового воздействия, расположение клубков из молекулярных цепей меняется, и реологическое тело выводится из состояния равновесия, в котором оно находилось первоначально. В результате в нём возникают силы стремящиеся вернуть тело в состояние равновесия. Эти внутренние силы, возникающие при деформировании, называются внутренними напряжениями. Можно сказать, что силы, обуславливающие внутренние напряжения, являются в теории упругости силами «близкодействующими» передающимися от каждой точки только к ближней с нею. Отсюда следует, что силы, оказываемые на какую-нибудь часть изделия со стороны окружающих её частей, действуют только непосредственно через поверхность контакта этой части системы, как окружающей среды. Внутреннее движение длинных цепей при деформационных событиях сопряжены ограничениями окружающей среды движения выделенной длинной цепи. Например, цепь, контактирующая с большим числом других цепей,

перемещается в массиве биотехнологической массы при силовом воздействии деформации сдвига. Предположим, что окружающие ее другие цепи мгновенно «заморожены» (рис.). Это приводит к образованию некоторого объема вокруг цепи на всю ее длину. Данная цепь не может двигаться свободно по прямой, а единственно доступный способ движения – это змееподобная форма движения вдоль оси трубки. Такой тип движения называется рептациями. Если другие цепи массива «разморозить», возникает конкурирующий механизм сопротивления движению как форма трения.

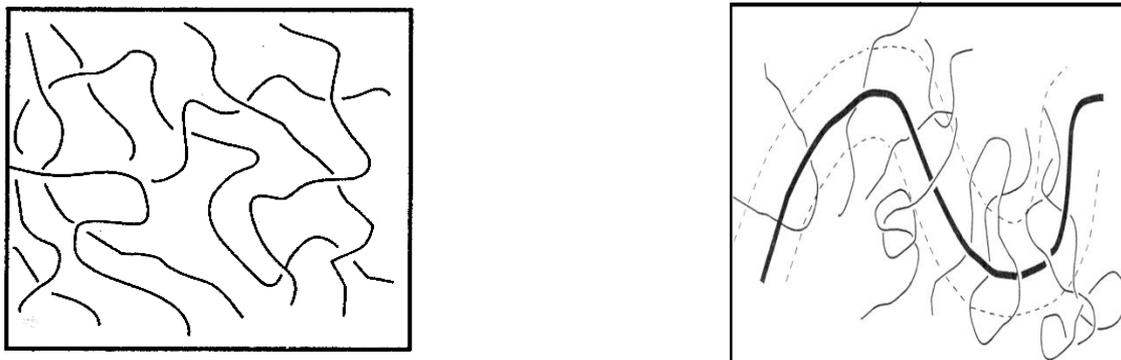


Рисунок 5 – Имитационное моделирование системы сетки структурных макромолекул и окружение любой цепи соседями, образующими «стенки» трубок создающих упругое и вязкое движение внутри материала вещества

Соседние цепи, образующие «стенки» трубки, создают ограничение для движения рассматриваемой цепи и это воздействие аналогично сшивкам системы. Но эти «квазисшивки» имеют конечное время жизни; они релаксируют через некоторое время τ_p , которое необходимо для цепи, чтобы покинуть исходную трубку.



Рисунок 6 – Имитация образования внутренней трубки для макромолекулы

Через интервал времени τ_p все соседние цепи вокруг рассматриваемой цепи заменяются новыми. Такой подход к свойству вязкоупругости можно дать такую молекулярную интерпретацию. Система высокомолекулярных цепей ведет себя как сетка «квазисшивков» и ее отклик упругий. «Квазисшивки» релаксируют и отклик становится вязким. Таким образом времени τ_p можно дать

следующую молекулярную интерпретацию: это есть время , необходимое рептирующей цепи, чтобы покинуть исходную трубку.



Рисунок 7 – Имитационная модель продавливания макромолекул внутри структурных трубок вязкоупругой системы при сдвиговых деформациях.

Напряжение или внутренние силы – это приращение сил взаимодействия между частицами, возникающее в теле под действием внешней нагрузки. Интенсивность внутренних сил передающихся в точке контакта через выделенную площадку, называется напряжением на данной площадке. В общем случае на площадке могут возникать два вида напряжений: нормальное σ и касательное θ . Нормальное напряжение σ возникает в плоскости сечения перпендикулярном действию силы. Касательное напряжение θ возникает в плоскости сечения параллельной действию силы. Силые упругие и частично температурные деформации обратимы и зависят только от мгновенных значений параметров силового поля. При снятии сил внешнего воздействия силового поля внутренние напряжения исчезают, происходит релаксация (рис.8). Когда тело деформировано, то материал полуфабриката или изделия находится в состоянии покоя и внутренние напряжения в нём отсутствуют. Пластические и вязкие деформации являются остаточными и зависят от истории нагружения силового поля и воздействия температуры.

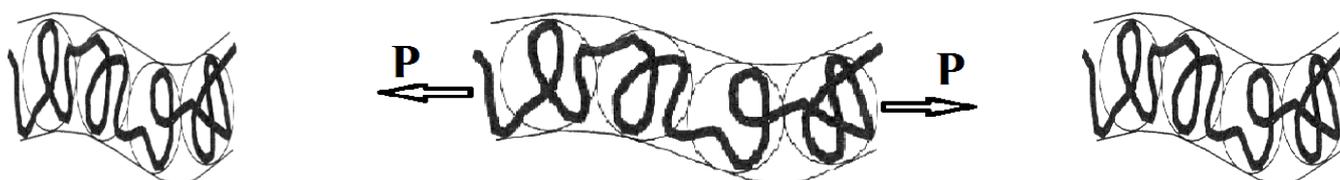


Рисунок 8 – Имитационное моделирование высокомолекулярного клубка при релаксации в трубке. При снятии внешнего воздействия сил, полимерный клубок возвращает свою форму с небольшой остаточной деформацией

Результаты исследований (The results of the research)

Моделирование деформационных процессов с учетом периода релаксации. Процесс медленного (в течении некоторого времени) исчезновения упругости в реальном теле после снятия силового (технологического) воздействия называется релаксацией.

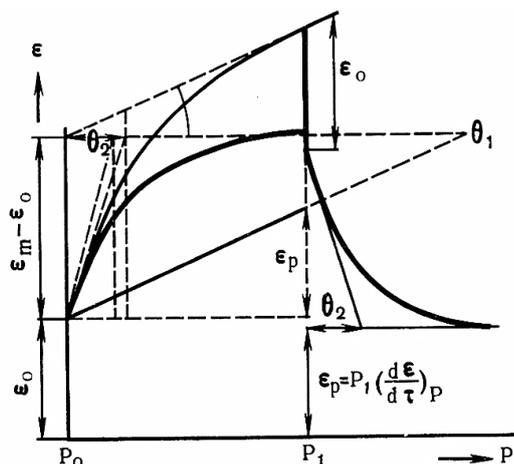


Рисунок 9 – Диаграмма релаксации по П.А. Ребиндеру при $P > P_k$ появляется остаточная деформация после прекращения упругого последствия

Сущность релаксации заключается в переходе упругих деформаций в остаточные деформации. Упругая деформация переходит в пластическую деформацию, при этом меняется внутренняя энергия. Количественная характеристика явления релаксации дается на основе предположения, что скорость уменьшения напряжений θ прямо пропорциональна величине напряжения и обратно пропорциональна некоторой величине, характеризующей свойства данного вещества и называемой временем или периодом релаксации τ_p . Свойства упругости твердого тела моделируется уравнением Гука, а свойства потока жидко-образного тела моделируется уравнением Ньютона.

Уравнение Гука

$$\theta_{ij} = G u_{ij}$$

Уравнение Ньютона

$$\theta_{ij} = \eta \frac{du_{ij}}{dt};$$

Приравнявая и преобразуя правые части уравнения Гука и Ньютона получим упруго-вязкое состояние реологического тела при равенстве деформации перемещения u :

$$\frac{\eta u}{\tau_p} \approx G u, \quad \text{откуда} \quad \eta \approx \tau_p G. \quad 1$$

На кривой деформации с течением времени происходит уменьшение упругой деформации и ослабление (релаксация) напряжения с переходом упругой деформации в остаточную, пластическую. Это время определяется по формуле для упруго-вязких тел при сдвиге:

$$\tau_p = \frac{\eta_{\text{эфф}}}{G}; \quad 2$$

где $\eta_{\text{эфф}}$ - эффективный коэффициент вязкости тела,

G - модуль упругости при сдвиге.

Математическая модель релаксации реологического тела определяется в соответствии с уравнением:

$$\theta = \theta_0 \exp\left(-\frac{t_0}{\tau_p}\right). \quad 3$$

Эта формула показывает, что в упруго деформируемом теле касательное напряжение уменьшается вследствие релаксации в $e=2.71828\dots$ раз через время равное τ_r . За время релаксации τ_r принимается период, в течение которого величина начальных напряжений уменьшается в 2.72 раза

Релаксация протекает сначала по крутонисходящей (экспоненциальной) кривой, затем по кривой, приближающейся к своей горизонтальной асимптоте, в соответствии с рисунком 9.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. Высокомолекулярные структуры биотехнологической среды создающие каркас из макромолекул проявляет упругие свойства.
2. Все свойства деформаций клубковых структур определяются законами физико-химической механики.
3. Биотехнологическая среда, имеющая цепочно-клубочную структуру, обладает свойством релаксации.

Библиографический список

1. Урьев Н.Б. Физико-химическая механика и интенсификация образования пищевых масс, М. Пищевая промышленность, 1976 г. 240 с.
2. Хохлов А.Р., Кучанов С.И. Лекции по физической химии полимеров, М., изд. Мир.; 2000 г. 190 с.
3. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов,
4. Горбатов А.В., Мачихин С.А., Маслов А.М. и др.; М., Лёгкая и пищевая промышленность, 1982 г. 296 с.
5. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии, Л., изд. Химия, 1974 г. 352 с.
6. Кольман Я., Рём К.- Г. Наглядная биохимия, М., изд.Мир, 2000 г. 470 с.
7. Ландау Л.Д. , Лифшиц Е.М. Теория упругости, М., изд. Наука 1965 г. 204 с.
8. Панков Юрий Владимирович, Минухин Леонид Аронович имитационное моделирование объемных структур биотехнологических масс пищевых производств, в понятиях физико-химической механики // НТВТСВАПК. 2019. №4 (4). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnoe-modelirovanie-obemnyh-struktur-biotehnologicheskikh-mass-pischevyh-proizvodstv-v-ponyatiyahfiziko-himicheskoy-mehaniki> (дата обращения: 16.12.2021).
9. Аксенова Лариса Михайловна, Савенкова Татьяна Валентиновна, Святославова Ирина Михайловна Биохимические аспекты формирования упруго-пластично-вязких кондитерских систем // ТППП АПК. 2015. №4 (8). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biohimicheskie-aspekty-formirovaniya-uprugoplastichno-vyazkih-konditerskih-sistem> (дата обращения: 16.12.2021).
10. Санина Т. В., Пономарева Е. И., Левин Ю. Н. Влияние некоторых факторов на реологические свойства теста // Известия вузов. Пищевая технология. 1998. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-nekotoryh-faktorov-na-reologicheskie-svoystva-testa> (дата обращения: 16.12.2021).

11. Руднев Сергей Дмитриевич, Мещанинов Антон Владимирович, Иванов Виктор Владимирович, Крюк Роман Владимирович О влиянии структурообразования теста при замесе на реологические свойства хлеба // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-vliyanii-strukturoobrazovaniya-testa-pri-zamese-na-reologicheskie-svoystva-hleba> (дата обращения: 16.12.2021).

References

1. Uriev N.B. Physico-chemical mechanics and intensification of the formation of food masses, M. Food Industry, 1976. 240 p.
2. Khokhlov A.R., Kuchanov S.I. Lectures on the physical chemistry of polymers, M., ed. World.; 2000 190 p.
3. Structural and mechanical characteristics of food products,
4. Gorbatov A.V., Machikhin S.A., Maslov A.M. and etc.; M., Light and food industry, 1982. 296 p.
5. Friedrichsberg D.A. Course of colloid chemistry, L., ed. Chemistry, 1974. 352 p.
6. Kolman Ya., Rem K. - G. Visual biochemistry, M., ed.Mir, 2000. 470 p.
7. Landau L.D. , Lifshits E.M. Theory of elasticity, M., ed. Science 1965. 204 p.
8. Pankov Yuri Vladimirovich, Minukhin Leonid Aronovich simulation modeling of volumetric structures of biotechnological masses of food production, in terms of physical and chemical mechanics // NTVTSvAPK. 2019. No. 4 (4). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnoe-modelirovanie-obemnyh-struktur-biotekhnologicheskikh-mass-pischevyh-proizvodstv-v-ponyatiyahfiziko-himicheskoy-mehaniki> (date of access: 12/16/2021).
9. Aksenova Larisa Mikhailovna, Savenkova Tatyana Valentinovna, Svyatoslavova Irina Mikhailovna Biochemical aspects of the formation of elastic-plastic-viscous confectionery systems // ТППП APK. 2015. No. 4 (8). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biohimicheskie-aspekty-formirovaniya-uprugoplastichno-vyazkih-konditerskih-sistem> (date of access: 12/16/2021).
10. Sanina T. V., Ponomareva E. I., Levin Yu. N. Influence of some factors on the rheological properties of the dough. Food technology. 1998. No. 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-nekotoryh-faktorov-na-reologicheskie-svoystva-testa> (date of access: 12/16/2021).
12. Rudnev Sergey Dmitrievich, Meshchaninov Anton Vladimirovich, Ivanov Viktor Vladimirovich, Kryuk Roman Vladimirovich On the influence of dough structure formation during kneading on the rheological properties of bread // Storage and processing of agricultural raw materials. 2019. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-vliyanii-strukturoobrazovaniya-testa-pri-zamese-na-reologicheskie-svoystva-hleba> (Date of access: 12/16/2021).

РАЗРАБОТКА ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МАНИПУЛЯТОРА

Н.Н.Эльяш^{1*}

ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, Россия, Екатеринбург.

*E-mail: elyash-nata49@yandex.ru

Аннотация. В статье излагаются принципы определения структурных и геометрических параметров средств механизации и автоматизации для обслуживания предприятий сельскохозяйственного профиля. Область применения данных разработок может охватывать производственные цеха, ремонтные службы, предприятия переработки, сортировки, упаковки продукции, и тому подобные направления, связанные с выполнением тяжелой, монотонной, вредной или опасной для здоровья людей физической работы, а также отдельных видов трудоемких, напряженных и утомительных умственных работ.

Одним из актуальных направлений в последние годы, становится создание специальных транспортно-технологических средств. Первоочередной задачей при этом является математическое, техническое, программное обеспечение, геометрическая параметризация, для перехода к дальнейшим этапам проектирования и создания оборудования [1, 6].

В данной работе рассмотрены вопросы геометрической параметризации механизма манипулятора, предназначенного для выполнения разнообразных основных и вспомогательных технологических операций. Изучение структуры манипулятора во многом базируется на методических основах теории механизмов и машин [2, 7, 8].

В качестве примера рассмотрена структурная схема манипулятора с тремя подвижными звеньями. Решение задачи с помощью матричного метода позволило составить уравнения для определения координат рабочего органа в зависимости от заданных обобщенных координат.

Практическое применение полученных уравнений позволяет рассмотреть множество вариантов конструкций манипулятора в заданном рабочем объеме манипулятора и выбрать из них наиболее рациональный для использования в конкретных условиях.

Ключевые слова: Структурная схема, манипулятор, преобразование координат, геометрическая параметризация.

DEVELOPMENT OF A GEOMETRIC MODEL OF THE MANIPULATOR

N.N.Elyash^{1*}

¹Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

*E-mail: elyash-nata49@yandex.ru

Abstract. The article outlines the principles of determining the structural and geometric parameters of mechanization and automation tools for servicing agricultural enterprises. The scope of application of these developments can cover production workshops, repair services, processing, sorting, packaging of products, and similar areas associated with the performance of heavy, monotonous, harmful or dangerous to human health physical work, as well as certain types of labor-intensive, stressful and tedious mental work.

One of the relevant directions in recent years is the creation of special transport and technological means. The primary task in this case is mathematical, technical, software, geometric parameterization, for the transition to further stages of design and creation of equipment [1, 6].

In this paper, the issues of geometric parameterization of the manipulator mechanism designed to perform a variety of basic and auxiliary technological operations are considered. The study of the manipulator structure is largely based on the methodological foundations of the theory of mechanisms and machines [2, 7, 8].

As an example, the structural diagram of a manipulator with three movable links is considered. Solving the problem using the matrix method made it possible to create equations for determining the coordinates of the working body depending on the specified generalized coordinates.

The practical application of the obtained equations allows us to consider many variants of manipulator designs in a given working volume of the manipulator and choose the most rational one for use in specific conditions.

Keywords: structural composition, manipulator, coordinate transformation, geometric parameterization.

Введение

Эффективность использования машин, уровень их надежности во многом зависят от развития технического сервиса, в функции которого входят: не только снабжение машинами; обучение персонала эксплуатационников, технологов и ремонтников; но и обеспечение современными средствами механизации, сведение к минимуму ручного труда. В хозяйствах надо возрождать и поддерживать производственную базу для ремонта, технического обслуживания тракторов, комбайнов и других сельскохозяйственных машин. Предприятия по переработке и хранению сельскохозяйственной продукции также должны быть оснащены комплектами основных и вспомогательных приспособлений для проведения производственного процесса.

Одним из актуальных направлений в последние годы, становится создание специальных транспортно-технологических средств, частично или полностью обеспечивающих механизацию или автоматизацию производственных процессов.

Примером подобных устройств могут служить манипуляторы. Существуют манипуляторы с ручным и с автоматическим управлением. При ручном управлении звенья приводятся в движение оператором с помощью вспомогательных механизмов. При автоматическом управлении звенья получают движение от приводов, работающих по заданной программе; в этом случае манипуляторы называют роботами [5].

Среди работ, выполняемых с помощью манипуляторов, значительное место занимают однообразные и монотонные, а также тяжелые и трудоемкие виды работ, что зачастую связано с ограниченными психофизиологическими возможностями человека-оператора, а также работы, проводимые во вредных и опасных для здоровья условиях: при повышенной температуре воздуха, интенсивном тепловом излучении, загазованности и запыленности.

Цель и методика исследований

Первоочередной задачей при разработке конструкции манипуляторов является математическое, техническое, программное обеспечение, геометрическая параметризация, для перехода к дальнейшим этапам проектирования и создания оборудования [1, 6].

Параметризация – это концепция, охватывающая методы решения задач конструирования, и прежде всего разработку геометрической модели, которая может изменяться и дополняться в зависимости от заданных условий её применения.

Целью данной работы является определение взаимосвязи координат рабочего органа манипулятора от изменения его геометрических параметров: углов поворота и перемещения звеньев.

Манипулятор представляет собой многосвязный пространственный механизм с разомкнутой кинематической цепью, оснащенный приводами и рабочим органом, а также в общем случае - устройством передвижения.

Рабочий орган манипулятора, предназначенный для непосредственного воздействия на объект манипулирования при выполнении технологических операций или вспомогательных переходов, представляет собой захватное устройство или рабочий инструмент.

Для преобразования подводимой энергии в механическое движение исполнительных звеньев манипулятора в соответствии с командными сигналами, поступающими от системы управления, необходим привод, который в общем виде содержит энергоустановку, двигатели и передаточные механизмы. Помимо этого, манипулятор может быть стационарным либо оснащен устройством передвижения (напольным - на тележке, платформе, монорельсе и т.д., либо подвесным) для его перемещения в необходимое место рабочего пространства [3].

Манипуляторы с ручным управлением могут широко использоваться в небольших производственных структурах при выполнении однообразных движений в больших количествах (например: прессования материалов или продуктов, фасовки, упаковки, передачи предметов с одного места на другое и т.п.) с целью замены ручного труда на подобных операциях.

Механика манипуляторов, связанная с изучением структуры и видов движения звеньев манипулятора, по своему содержанию сходна с механикой других близких по сложности управляемых агрегатов и во многом базируется на методических основах теории механизмов и машин [5]. Методика расчетов геометрических параметров основана на положениях математического анализа, векторного и матричного исчислений.

Степени подвижности звеньев манипуляционной системы, обеспечивающие поворот или перенос объекта манипулирования в пространстве, реализуются в виде поступательных или вращательных движений относительно осей соответствующих кинематических пар. Под степенями подвижности манипулятора (или степенями свободы) понимают обобщенные координаты, определяющие положение в пространстве звеньев манипулятора. Число степеней подвижности, т.е. сумма возможных координатных движений рабочего органа или объекта манипулирования относительно опорной системы, является одной из важнейших характеристик манипулятора, определяющих форму его рабочей зоны и эффективность маневрирования рабочего органа в этой зоне.

Виды кинематических пар (поступательные или вращательные), использованные в структурной схеме манипулятора, последовательность их расположения по кинематической цепи и взаимное расположение осей соседних пар в пространстве однозначно определяют базовую систему координат. От вида базовой системы координат зависят не только форма и объем рабочей зоны, но и возможности манипуляционной системы. Перемещения звеньев определяются по отношению к осям координат кинематических пар манипуляторов.

Кинематические схемы манипуляторов могут состоять из кинематических пар 3-го, 4-го и 5-го классов, обеспечивая при этом степень подвижности $W = 3 \dots 6$, иногда и более. В реальных конструкциях наиболее простые манипуляторы имеют три, реже две степени свободы. Они существенно дешевле в изготовлении и эксплуатации, но при этом имеют весьма ограниченную маневренность. В связи с этим к рабочему объему предъявляются специфические требования, при которых обслуживаемые объекты должны располагаться в соответствующей зоне [5].

При разработке кинематической схемы целесообразно разделить движения на операцию переноса и операцию ориентирования захвата манипулятора. Механизм переносных движений может содержать как вращательные (В), так и поступательные (П) пары; механизм ориентирующих движений – только вращательные кинематические пары.

Если требуется обслужить большой рабочий объем, то применяют манипуляторы с поступательной кинематической парой.

Рассмотрим в качестве примера структурную схему манипулятора с тремя подвижными звеньями по схеме ВВП.

Число кинематических пар 5-го класса, входящих в состав данного механизма: $p_5 = 3$, в том числе две вращательные (А, В), расположенные во взаимно перпендикулярных плоскостях, и одна поступательная (С) между звеньями 2 и 3. Необходимо по заданному диапазону изменения координат точки D установить размеры звеньев манипулятора, а также пределы изменения обобщенных координат для определенной зоны обслуживания.

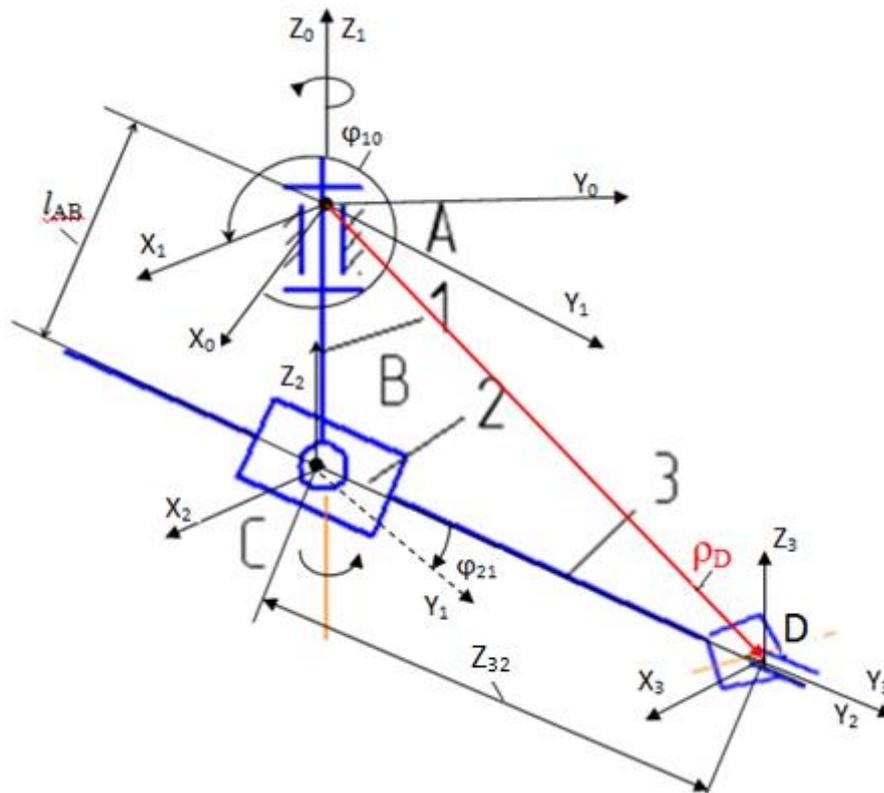


Рисунок 1 – Схема манипулятора с двумя вращательными и одной поступательной кинематической парой.

Результаты исследований

Математическая форма уравнений основывается на специальных компактных матрицах перехода от одной системы координат к другой.

Положение захвата D определяется радиус-вектором ρ_D в неподвижной системе координат [5]. Расстояние l_{AB} постоянно для конкретных условий работы; оно определяется габаритами пространства, в котором используется манипулятор.

Свяжем с каждым звеном свою систему координат:

для звена 1 – X_1, Y_1, Z_1 ; для звена 2 – X_2, Y_2, Z_2 ; для звена 3 – X_3, Y_3, Z_3 .

Все системы координат подвижны: система, связанная со звеном 1, вращается относительно оси Z_1 ; 2-я вращается относительно оси X_2 ; 3-я движется поступательно относительно звена 2. Неподвижную систему координат, связанную со стойкой, обозначим X_0, Y_0, Z_0 .

Определяем степень подвижности по формуле А.П.Малышева [4]

$$W = 6 \cdot n - 5 \cdot p_5 - 4 \cdot p_4 - 3 \cdot p_3 - 2 \cdot p_2 - p_1 \quad (1)$$

Число подвижных звеньев $n=3$, кинематических пар 5-го класса $p_5 = 3$, прочих кинематических пар в механизме нет.

$$W = 6 \cdot 3 - 5 \cdot 3 = 3$$

Таким образом, механизм имеет 3 независимых движения для ориентации и перемещения в рабочем пространстве.

Число обобщенных координат равно числу степеней свободы: φ_{10} – угол поворота звена 1 относительно стойки; φ_{21} – угол поворота звена 2 относительно звена 1; Z_{32} – линейное перемещение звена 3 относительно звена 2.

Для определения положения захвата D в неподвижной системе координат ρ_D составим матричное уравнение перехода от системы координат X_3, Y_3, Z_3 к системе X_0, Y_0, Z_0 .

$$\rho_D = A_{10} \cdot A_{21} \cdot A_{32}, \quad (2)$$

где ρ_D – матрица координат точки D относительно стойки.

A_{10}, A_{21} – матрицы поворота при переходе от системы 1 к системе 0 (неподвижной) и от системы 2 к системе 1, соответственно;

A_{32} – матрица переноса 3-й системы координат ко 2-й.

$$\rho_D = \begin{bmatrix} X_D \\ Y_D \\ Z_D \end{bmatrix} \quad A_{10} = \begin{bmatrix} \cos\varphi_{10} & -\sin\varphi_{10} & 0 \\ \sin\varphi_{10} & \cos\varphi_{10} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad A_{21} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\varphi_{21} & -\sin\varphi_{21} \\ 0 & \sin\varphi_{21} & \cos\varphi_{21} \end{bmatrix} \quad A_{32} = \begin{bmatrix} 0 \\ Z_{32} \\ 0 \end{bmatrix}$$

После подстановки матриц в выражение (2) и некоторых преобразований получаем уравнения, позволяющие определить координаты точки D (захвата манипулятора) в зависимости от заданных обобщенных координат φ_{10} и φ_{21} и Z_{32} .

$$X_0 = -\sin\varphi_{10} \cdot \cos\varphi_{21} \cdot Z_{32}$$

$$Y_0 = \cos\varphi_{10} \cdot \cos\varphi_{21} \cdot Z_{32}$$

$$Z_0 = \sin\varphi_{21} \cdot Z_{21}$$

Практическое применение полученных зависимостей позволяет определять множество вариантов конструкций манипулятора в заданном диапазоне изменения координат точки D.

Выводы и рекомендации

Рабочий объем и зона обслуживания манипулятора зависят от конкретного технологического процесса, в соответствии с которым назначаются пределы изменения углов поворота φ_{10} и φ_{21} , а также необходимое перемещение звена Z_{32} и размеры звена 3.

Конструктивно манипулятор состоит из опорных конструкций, манипуляционной системы, рабочих органов, привода и устройства передвижения. Рассмотренные вопросы геометрической параметризации структурной схемы манипулятора дают общее представление о его конструктивном построении, что является базой для дальнейших этапов разработки его узлов и систем.

Библиографический список

1. Ступина Е.Е., Ступин А.А., Чупин Д.Ю., Каменев Р.В. Основы робототехники: учебное пособие.— Новосибирск: Агентство «Сибпринт», 2019 — 160 с.
2. Юревич Е.И. Основы робототехники – 2-е изд., перераб. И доп. – СПб.: БХВ - Петербург, 2005 – 416 с.
3. Роботы лего и робототехника URL: www.prorobot.ru (дата обращения: 12.12.2021).
4. Муйземнек, А. Ю. Теория механизмов и машин : учеб. пособие / А. Ю. Муйземнек, А. В. Шорин. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2019 – 160 с.
5. Эльяш Н.Н., Гурьев Е.С. Теория механизмов и машин и детали машин: Учеб. пособие /Свердл. инж.-пед. ин-т. Свердловск, 1991. Ч.2.80 с.
6. Воробьев Е.И. и др. Промышленные роботы агрегатно-модульного типа/ Е.И. Воробьев, Ю.Г. Козырев, В.И. Царенко; Под. ред. Ю.Г. Козырева. М.: Машиностроение, 1988. 239 с.
7. Механика промышленных роботов: Учеб. пособие для вузов: В 3 кн. / Под ред. К.В. Фролова, Е.И. Воробьева. Кн. 3: Основы конструирования / Е.И. Воробьев, А.В. Бабич, К.П. Жуков и др. М.: Высш. шк., 1989. 383 с.
8. Попов Е.Г., Письменный Г.В. Основы робототехники: Введение в специальность: Учеб. пособие для вузов по спец. "Робототехнические системы и комплексы: М.: Высш. шк., 1990. 224 с.

References

1. Stupina E.E., Stupin A.A., Chupin D.Yu., Kamenev R.V. Fundamentals of robotics: textbook. Novosibirsk: Agency "Sibprint", 2019 - 160 p.
2. Yurevich E.I. Fundamentals of Robotics - 2nd ed., Revised. And extra. - St. Petersburg: BHV - Petersburg, 2005 - 416 p.
3. Lego robots and robotics URL: www.prorobot.ru (date of access: 12/12/2021).
4. Muizemnek, A. Yu. Theory of mechanisms and machines: textbook. allowance / A. Yu. Muizemnek, a. V. Shorin. - Penza: Publishing House of PGU, 2019 - 160 p.
5. Elyash N.N., Gur'ev E.S. Theory of mechanisms and machines and machine parts: Proc. allowance / Sverdl. engineer-ped. in-t. Sverdlovsk, 1991. Ch.2.80 p.
6. Vorobyov E.I. etc. Industrial robots of aggregate-modular type / E.I. Vorobyov, Yu.G. Kozyrev, V.I. Tsarenko; Under. ed. SOUTH. Kozyrev. M.: Mashinostroenie, 1988. 239 p.
7. Mechanics of industrial robots: Proc. allowance for higher educational institutions: In 3 books. / Ed. K.V. Frolova, E.I. Vorobyov. Book. 3: Basics of design / E.I. Vorobyov, A.V. Babich, K.P. Zhukov and others. M. : Higher. school, 1989. 383 p.
8. Popov E.G., Pismenny G.V. Fundamentals of Robotics: Introduction to the specialty: Proc. allowance for universities on special. "Robotic systems and complexes: M.: Vyssh. school, 1990. 224 p.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЗАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А.Д.Кольга^{1*}, В. А. Александров¹, Л.Б.Сагатова²

¹ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, Россия, Екатеринбург

²Казахский национальный исследовательский технический университет им.К.И.Сатпаева, Алматы, Казахстан

*E-mail: kad-55@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрена роль водных ресурсов и эффективность их использования в народном хозяйстве. Представлен анализ работы элементов трубопроводной арматуры. Показано, что на сегодняшний день эффективность использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе оставляет желать лучшего. Основное влияние на эффективность использования водных ресурсов оказывают потери воды в процессе транспортировки и низкая регулирующая способность трубопроводной арматуры. На примере широко используемых в настоящее время элементов запорно-регулирующей арматуры: вентилях и задвижках показано, что эффективность работы именно запорно-регулирующей арматуры оказывает определяющее влияние на эффективность работы всего трубопровода. Поэтому основной причиной непроизводительных расходов воды является не отношение потребителей к экономии воды, а в первую очередь, это обусловлено техническими условиями. Очевидно, что для снижения расходов воды необходима разработка новых конструкций водоразборной арматуры, которые смогут отвечать требованиям регулирующей способности.

На основании проведенных исследований авторы полагают, что одним из путей повышения эффективности работы запорно-регулирующей арматуры может стать использование конструкции вентиля с предварительным гидравлическим управлением.

Ключевые слова: водные ресурсы, биосфера, биота, трубопроводная арматура, вентили, задвижки, арматуростроение, трубопровод, запорно-регулирующая арматура, запорный элемент, золотник, гидравлическое управление.

INCREASING THE EFFICIENCY OF SHUT-OFF AND CONTROL VALVES IN WATER SUPPLY SYSTEMS OF AGRICULTURAL ENTERPRISES

A.D. Kolga^{1*}, V. A. Alexandrov¹, L.B. Sagatova²

¹Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

²Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan

*E-mail: kad-55@yandex.ru

Abstract. The role of water resources and the efficiency of their use in the national economy are considered. An analysis of the operation of elements of pipeline fittings is presented. It is shown that today the efficiency of the use of water resources in the agro-industrial complex leaves much to be desired. The main impact on the efficiency of the use of water resources is provided by water losses during transportation and the low control ability of pipeline valves. On the example of currently widely used elements of shut-off and control valves: valves and gate valves, it is shown that the efficiency of the work of shut-off and control valves has a decisive influence on the efficiency of the entire pipeline. Therefore, the main reason for unproductive water consumption is not the attitude of consumers to save water, but first of all, this is due to technical conditions. Obviously, in order to reduce water consumption, it is necessary to develop new designs of water fittings that can meet the requirements of control capacity.

Based on the research, the authors believe that one of the ways to improve the efficiency of shut-off and control valves can be the use of a valve design with preliminary hydraulic control.

Keywords: water resources, biosphere, biota, pipeline fittings, valves, gate valves, valve building, pipeline, shut-off and control valves, locking element, spool, hydraulic control.

Введение

Эксплуатация водных ресурсов страны, которые являются одним из основных объектов природопользования в интересах сегодняшнего и будущих поколений людей, требует рациональной эксплуатации. Весь процесс эксплуатации водных ресурсов необходимо сочетать с деятельностью по их рачительному использованию.

Однако, на сегодняшний день, эффективность использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе оставляет желать лучшего.

Всего в Российской Федерации ежегодно используется 61...62,1 км³ свежей воды. На долю сельского хозяйства в структуре использования водных ресурсов приходится около 19% [1].

Роль водных ресурсов в биосфере, в том числе и в сельском хозяйстве, невозможно переоценить. Это объясняется тем, что само существование биоты построено на «мокрых» технологиях. Вся биота, по существу, представляет собой своего рода фильтры. Поскольку животный и растительный мир представляет собой гидрофильные организмы с очень высокими скоростями водообмена.

В качестве примера можно привести следующие общеизвестные цифры [1].

Количество воды, затрачиваемое, в переводе на 1 кг выращиваемых пищевых культур, составляет: вишня - 3000 л, рис — 2400 л, кукуруза и пшеница — 1000 л, виноград — 590 л, картофель — 200 л, лук — 130 л.

В животноводстве воды потребляется конечно же меньше, чем в растениеводстве, но тем не менее объемы потребления весьма значительны. Причем, увеличение потребления воды ведет к повышению практически всех показателей в животноводстве. Например, на 1 л молока коровы необходимо затратить от 2,3 до 3,2 л воды.

Вместе с тем, водные ресурсы нашей страны, да и всей планеты в целом быстро истощаются. В соответствии с прогнозами стоимость пресной воды в ближайшие десятилетия может приравняться к стоимости важнейших энергетических ресурсов, таких, как нефть и газ [3,4]. Поэтому задача эффективного использования имеющихся источников воды в настоящее время стоит достаточно остро.

Объект и методика

В современном потреблении воды в сельском хозяйстве, также, как и во всех остальных отраслях промышленности, характерным является то, что значительные потери воды определяются множеством факторов. Причем эти потери приводят не только к повышенному расходу воды, но они приводят также к перегрузкам всех сетей водоснабжения. Для исключения потерь воды необходима разработка и повсеместное внедрение технологий, позволяющих исключить потери воды и обеспечить рациональное и эффективное ее использование.

Все устройства, предназначенные для регулирования и управления движением потоков воды в трубопроводах, называют трубопроводной арматурой. Эта арматура является неотъемлемой частью любой трубопроводной системы. Обслуживание арматуры требует больших затрат, которые могут достигать 10–20% от всех капитальных вложений и эксплуатационных затрат [3]. Как показывает опыт эксплуатации существующих трубопроводов, самым ненадежным элементом является запорно-регулирующая арматура. Отказы регулирующей арматуры на порядок превышают количество отказов любого другого оборудования [4]. Поэтому такие требования, как: прочность, надежность, долговечность и низкая стоимость являются обязательными при выборе и при конструировании регулирующей арматуры.

В настоящее время широко представлена так называемая промышленная трубопроводная арматура, которая используется практически во всех отраслях народного хозяйства. Как показывает практика, эта трубопроводная арматура не отвечает современным требованиям водосбережения.

По назначению всю арматуру можно разделить на четыре класса: запорно-регулирующая, предохранительная, контрольная и разная. Из всех четырех классов арматура первого класса составляет большинство. Поэтому эффективность работы именно запорно-регулирующей арматуры оказывает определяющее влияние на эффективность работы всего трубопровода.

Основными параметрами, оказывающими влияние на эффективность работы и конструкцию трубопроводной арматуры, являются диаметр трубопровода и рабочее давление [5].

По принципу основного действия (перекрытия потока) современную запорно-регулирующую арматуру разделяют на две категории: клапаны (вентили) (рис. 1) и задвижки (рис. 2).

В вентилях перекрытие потока происходит путем перемещения запорного элемента (диска) вдоль оси движения потока, а в задвижках, путем перемещения запорного элемента (задвижки) - поперек.

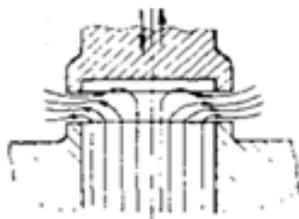


Рисунок 1 – Схема работы вентиля

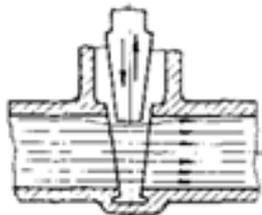


Рисунок 2 – Схема работы задвижки

В соответствии с рассмотренной выше классификацией в технике применяется большое количество конструктивных решений арматуры, которые иногда отличаются друг от друга очень незначительными особенностями, поэтому все их рассматривать нецелесообразно, остановимся на конструкциях, наиболее часто применяемых на практике – вентилях.

В арматуростроении вентилем считают устройство для регулирования потока в трубопроводе с помощью диска. Поступательное движение диска вдоль оси потока осуществляется с помощью шпинделя, установленного перпендикулярно плоскости седла.

Использование поступательного движения шпинделя конструктивно упрощает перемещения диска (тарелки) клапана, но требует значительных усилий для управления. Кроме того, усложняется фиксация диска в требуемом положении.

Эти недостатки значительно сужают сферу использования вентиляей. Несмотря на широкое использование, в настоящее время вентили наиболее широко используются только на трубопроводах малого диаметра. При диаметрах трубопроводов более 50 мм они начинают уступать свое место задвижкам. А при диаметрах трубопровода 200-250 мм, вентили практически не применяются, поскольку при больших диаметрах диск (тарелка) вентиля воспринимает на себя очень большие усилия. Эти усилия передаются на шпindel, и при достижении определенной величины этого усилия вентиль становится трудноуправляемым.

Вместе с тем, важнейшим положительным качеством вентиляей является относительно небольшие размеры и масса, которые определяются малым ходом тарелки, для полного открытия вентиля. Например, полное открытие трубопровода обеспечивается поднятием тарелки только на 0,25 диаметра отверстия в седле (диаметра трубопровода). Для полного открытия трубопровода задвижкой необходимо задвижку поднять на всю высоту диаметра трубопровода, т.е. в 4 раза большую.

Именно этим и объясняется стремление конструкторов к совершенствованию существующих конструкций вентиляей. На этом пути многое уже сделано для повышения эффективности работы вентиляей. Например, для устранения вышеназванных недостатков вентиляей и для снижения

необходимого усилия открывания вентилей большого проходного сечения они снабжаются внутренними (рис. 3, а) и внешними (рис. 3, б) обводами, которые по возможности выравнивают давление по обе стороны тарелки [3].

Внутренний обвод создается с помощью вспомогательного клапана, устанавливаемого на тарелке вентиля. При подъеме шпинделя сначала открывается вспомогательный клапан, а тарелка остается прижатой к седлу. После того, как давление за вентилем выравнивается с давлением перед вентилем до нужной величины, производят подъем тарелки и открывают основной проход. Наружный обвод создается дополнительным вентилем, соединяющим обе полости главного вентиля. Выравнивание давления осуществляется открытием вспомогательного вентиля. Однако, несмотря на некоторое снижение нагрузки, такое конструктивное решение ведет к усложнению всей конструкции, увеличению габаритов, массы и соответственно, надежности работы всего вентиля.

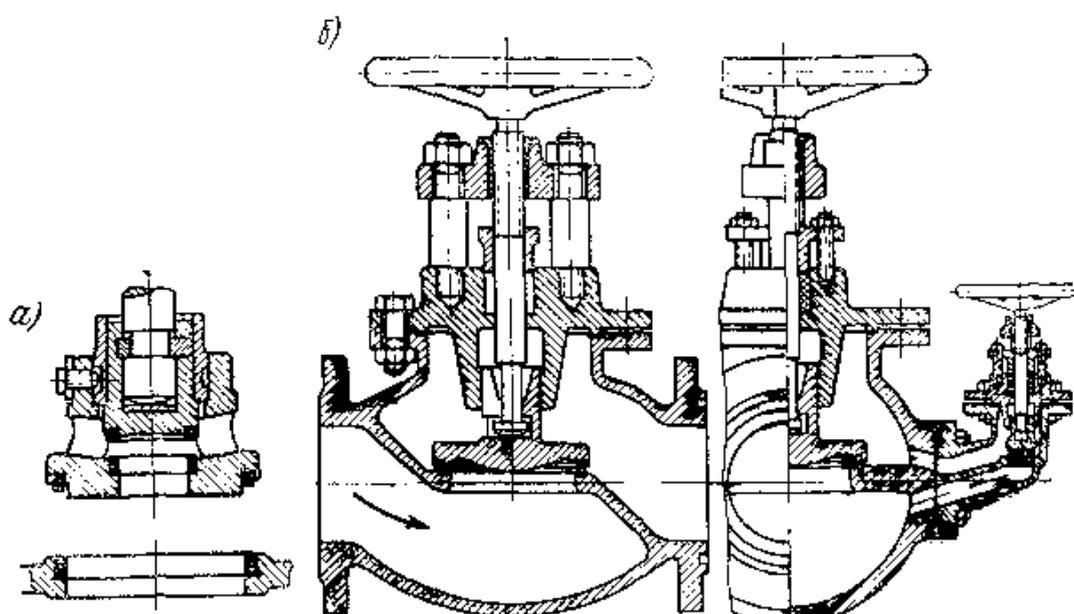


Рисунок 3 – Обводы вентиляй: а – внутренний; б – наружный.

Кроме этого, большим недостатком существующих вентиляй является их низкая регулирующая способность, поскольку неточность изготовления составных деталей не позволяет обеспечить достаточно точную соосность всех элементов и, соответственно, герметичность перекрытия потока. Более того, при больших давлениях и проходных сечениях из-за значительного увеличения размеров и массы вентиля он становится трудноуправляем.

Правда, развитие нано- и химических технологий несколько расширяет возможности конструкторов-проектировщиков в этой области.

Но многочисленные исследования российских ученых показывают, что низкая регулирующая способность водоразборной арматуры при повышенных давлениях, как правило, приводит к весьма существенному увеличению расхода воды. Поэтому основной причиной непроизводительных расходов воды является не отношение потребителей к экономии воды, а в первую очередь, это обусловлено техническими условиями.

Очевидно, что для снижения расходов воды необходима разработка новых конструкций водоразборной арматуры, которые смогут отвечать требованиям регулирующей способности.

Результаты исследований

На основании проведенных исследований авторы полагают, что одним из путей повышения эффективности работы запорно-регулирующей арматуры может стать использование конструкции вентиля с предварительным гидравлическим управлением.

Задача, решаемая в работе, заключается в повышении регулирующей способности, упрощении конструкции, уменьшении габаритов и массы запорно-регулирующего вентиля за счет управления гидравлически уравновешенным запорным элементом.

Технический результат достигается тем, что запорный элемент вентиля, выполненный в виде подвижного золотника, с дросселирующим отверстием, перемещается в цилиндрической расточке корпуса, в верхней части которой имеется, перекрываемый вспомогательным клапаном, канал, соединяющий пространство над запорным элементом с выходным отверстием клапана, а замыкающая часть золотника выполнена конической, герметично перекрывающей входное и выходное отверстия клапана (рис. 4).

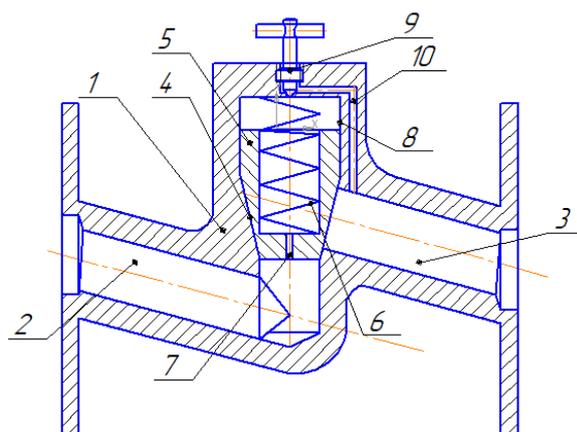


Рисунок 4 – Трубопроводный вентиль непрямого управления

Трубопроводный вентиль с гидравлическим управлением содержит корпус 1 с входным 2 и выходным 3 отверстиями для подвода и отвода жидкости, седло с уплотняемой поверхностью 4, запорный элемент 5 с пружиной 6 и дросселирующим отверстием 7, перемещающийся в цилиндрической расточке 8 корпуса вентиля 1. В верхней части корпуса 1 выполнен перекрываемый клапаном 9 канал 10, соединяющий пространство над запорным элементом 5 с выходным отверстием 3 вентиля.

Работает такой клапан следующим образом. В исходном положении перемещаемая жидкость поступает через входное отверстие 2 и, проходя через дросселирующее отверстие 7 в запорном элементе 5, заполняет пространство над запорным элементом. Поскольку давление жидкости над и под запорным элементом 5 равны, запорный элемент 5 гидравлически уравновешен и под действием относительно небольшого усилия пружины 6 своей конической поверхностью плотно прижимается к седлу 4, герметично перекрывая входное 2 и выходное 3 отверстия вентиля.

При открытии вспомогательного клапана 9, жидкость, находящаяся над запорным элементом 5, по каналу 10 движется к выходному отверстию 3. В результате движения жидкости давление над запорным элементом 5 уменьшается, и возникает перепад давлений на верхней и нижней поверхностях запорного элемента 5. Под действием разности давлений запорный элемент 5 перемещается в цилиндрической расточке 8 сжимает пружину 6 и открывает вентиль. Расход жидкости через трубопроводный вентиль определяется величиной хода запорного элемента 5, который, в свою очередь, зависит от величины перепада давлений и жесткости пружины 6. Сама же величина перепада давлений на верхней и нижней поверхностях запорного элемента 5 зависит от величины открытия канала 10 вспомогательным вентиляем 9.

При полном перекрытии канала вспомогательным вентиляем запорный элемент гидравлически уравнивается и под действием усилия пружины возвращается в исходное положение, герметично перекрывая входное и выходное отверстия. Причем, за счет наличия дросселирующего отверстия, закрытие трубопроводного вентиля происходит плавно, исключая возможность возникновения гидравлического удара в сети.

Необходимо отметить также, что поскольку сечение канала 10 многократно меньше сечения трубопровода, то усилие открытия/закрытия вспомогательного клапана и его габариты будут минимальными, независимо от размеров трубопровода.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В заключение можно отметить, что предлагаемая разработка полностью соответствует современным требованиям к водосбережению и позволяет в определенной степени решить такие проблемы существующей трубопроводной арматуры, как снижение габаритных размеров, массы, усилия управления и повысить точность и эффективность управления.

Библиографический список

1. Жарницкая Н.Ф. Современное состояние и оценка эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве//Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. 2012. № 3 (13) С. 92-100.
2. Водный кадастр. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. Справочное ежегодное издание, Санкт-Петербург, Изд-во ООО «РИАЛ», 2020. 153с.
3. Гуревич Д.Ф. Расчет и конструирование трубопроводной арматуры: Расчет трубопроводной арматуры. Изд. 5-е. М.: Издательство ЛКИ, 2008. 480 с.
4. Кольцов В.П., Попова Е.С., Герасимова Е.О. Трубопроводная арматура нового поколения// Вестник ИрГТУ, 2011. № 9. С. 27–35.
5. Кольцов В.П., Чупин В.Р. Торковые технологии в трубопроводной арматуре // Торковые технологии: матер. докладов Междунар. науч.-практ. конф. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. С. 88-91.

6. Свинцов А. П., Мукарзель С. А., Рысьев Д. А. Расходные характеристики водоразборной арматуры//Сантехника. Водоснабжение и инженерные системы. 2005. №6. С. 62-68.

References

1. Zharnitskaya N.F. Current state and assessment of the efficiency of water resources use in agriculture//Izvestia of higher educational institutions. Series: Economics, finance and production management. 2012. No. 3 (13) S. 92-100.

2. Water cadastre. Resources of surface and ground waters, their use and quality. Reference annual publication, St. Petersburg, Publishing House of RIAL LLC, 2020. 153p.

3. Gurevich D.F. Calculation and design of pipeline fittings: Calculation of pipeline fittings. Ed. 5th. M.: LKI Publishing House, 2008. 480 p.

4. Koltsov V.P., Popova E.S., Gerasimova E.O. New generation pipeline fittings // Bulletin of ISTU, 2011. No. 9. P. 27–35.

5. Koltsov V.P., Chupin V.R. Torovye tekhnologii v piping fittings // Torovye tekhnologii: mater. reports of the International scientific-practical. conf. Irkutsk: Izd-vo ISTU, 2004. S. 88-91.

6. Svintsov A. P., Mukarzel S. A., Rysyev D. A. Consumable characteristics of water fittings // Sanitary engineering. Water supply and engineering systems. 2005. No. 6. pp. 62-68.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ ГУСЕНИЧНЫХ ТРАКТОРОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ КАЗАХСТАНА

С.И. Бобков^{1*}, А.А. Садов²

¹ Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова, г. Костанай, Казахстан.

² ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, Екатеринбург, Россия

*E-mail: sergbobkov@mail.ru

Аннотация. В статье говорится об эффективности применения гусеничных тракторов в сельском хозяйстве Казахстана. При проведении исследований использовались теоретические методы, основанные на анализе научно-технической литературы и проведенных экспериментальных исследований, применении основных положений земледельческой механики, теории сельскохозяйственных машин.

Гусеничные тракторы могут осуществлять полевые работы с большей производительностью, чем колесные, что позволяет в более сжатые сроки выполнять различные технологические операции. Одним из главных преимуществ гусеничных тракторов является то, что они имеют лучшие тягово-сцепные качества по сравнению с колесными. За счет лучшего сцепления гусеницы с почвой буксование гусеничного трактора в 3 раза меньше, чем у колесного. Кроме того, применение гусеничных тракторов на весенне-полевых работах обеспечивает снижение удельного давления на почву до 3,0-5,2 раз по сравнению с применением колесных тракторов тягового класса 5...6.

Применение гусеничных тракторов позволит повысить производительность при выполнении различных технологических операций и сократить сроки проведения работ, соответственно, снизить потери продукции от превышения агротехнических сроков, снизить уплотняющее воздействие на почву и, как следствие, повысить урожайность сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: трактор, тракторный парк, тяговый класс, производительность, буксование, уплотнение почвы.

EXPLOITATION OF MODERN TRACKED TRACTORS IN AGRICULTURAL PRODUCTION OF KAZAKHSTAN

S.I. Bobkov^{1*}, A.A. Sadov²

¹ Kostanay Engineering and Economic University nam. M. Dulatov, Kostanai, Kazakhstan.

² Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

*E-mail: sergbobkov@mail.ru

Abstract. The article talks about the effectiveness of the use of tracked tractors in the agriculture of Kazakhstan. During the research, theoretical methods were used based on the analysis of scientific and technical literature and experimental studies, the application of the main provisions of agricultural mechanics, the theory of agricultural machines.

Crawler tractors can carry out field work with greater productivity than wheeled tractors, which allows you to perform various technological operations in a shorter time. One of the main advantages of caterpillar

tractors is that they have better traction and coupling qualities than wheeled tractors. Due to the better adhesion of the caterpillar to the soil, the slipping of a caterpillar tractor is 3 times less than that of a wheeled tractor. In addition, the use of caterpillar tractors in spring field work provides a decrease in the specific pressure on the soil up to 3.0-5.2 times compared with the use of wheeled tractors of traction class 5...6.

The use of caterpillar tractors will increase productivity in performing various technological operations and shorten the time of work, respectively, reduce product losses from exceeding agrotechnical terms, reduce the compacting effect on the soil and, as a result, increase the yield of agricultural crops.

Keywords: tractor, tractor park, drawbar category, productivity, skidding, soil compaction.

Постановка проблемы (Introduction)

В условиях резко континентального климата зоны северного региона Казахстана, в которую входят основные зерносеющие регионы: Костанайская, Акмолинская и Северо-Казахстанская области), успех работы сельхозтоваропроизводителей во многом зависит от своевременности и точности их действия. По данным исследований, проведенных в области оптимизации сельскохозяйственных работ, установлено, что при соблюдении агротехнически-допустимых сроков возможно повысить урожайность в среднем до 20-25% [1]. Если учесть, что в последнее время наблюдается тотальный дефицит механизаторских кадров, то в данных условиях своевременность выполнения работ может быть достигнута только за счет применения более производительной техники, в частности, тракторов, как основы механизации сельского хозяйства. В настоящее время на рынке северного региона Казахстана широко представлены тракторы ведущих производителей стран СНГ и дальнего зарубежья. Производители предлагают широкую гамму колесных и гусеничных тракторов в диапазоне мощности от 18 (25) до 455 (620) кВт (л.с.), которые могут применяться при возделывании зерновых, зернобобовых и масличных и кормовых культур. В конструкциях тракторов реализуются технические решения, способствующие повышению технико-экономических показателей, снижению уплотнения почвы, улучшению управления МТА и созданию удобств для работы механизаторов. Для сельскохозяйственного производства северного региона Казахстана необходим весь спектр тракторов различных тяговых классов [2-6].

Цель и методы исследования (Methods)

Цель исследований – изучить основные достоинства гусеничных тракторов, применение которых позволит повысить производительность полевых работ, снизить негативное воздействие движителей на почву.

При проведении исследований использовались теоретические методы, основанные на анализе научно-технической литературы и проведенных экспериментальных исследований, применении основных положений земледельческой механики, теории сельскохозяйственных машин и методов измерений, регламентируемых нормативной документацией.

Результаты (Results)

В сельскохозяйственном производстве преимущественно используются колесные тракторы. Это связано с тем, что они более универсальны и находят широкое применение, как на полевых работах (посев, культивация, боронование, заготовка сена и т.д.), так и на любых транспортных – перевозка зерна, сена, силоса, воды и т.д. При этом гусеничные тракторы могут использоваться только на полевых работах,

и не приспособлены для транспортных. А для их перемещения на дальние расстояния необходимы специальные тягачи с транспортными платформами (тралами), что является одним из главных их недостатков.

В настоящее время в сельхозформированиях Костанайской области насчитывается около 23000 тракторов, из которых порядка 3700 тракторов, т.е. 16,0% составляют гусеничные. В целом, в основных зерносеющих областях северного региона Казахстана (Костанайской, Северо-Казахстанской и Акмолинской) количество тракторов составляет около 51000 шт., из них гусеничных – примерно 8000 шт, т.е. не более 15,7%. Следует отметить, что основная масса имеющихся гусеничных тракторов – это устаревшие модели типа ДТ-75, Т-4А, оставшиеся в хозяйствах со времен Советского Союза. Их количество в Костанайской области составляет 90,0% от имеющихся гусеничных тракторов, а в целом по северному региону – 80,1%.

Однако это не говорит о том, что гусеничный трактор не востребован и в сельском хозяйстве можно обойтись только колесными тракторами. Интерес к гусеничным тракторам возрастает, особенно у сельхозтоваропроизводителей, представляющих крупные агроформирования с посевной площадью 10000-20000 га и более. Это связано с тем, что большая часть гусеничных тракторов, представленных на рынке – это мощные тракторы тягового класса 6-8 с мощностью двигателя до 570 л.с. и более, например John Deere серии 8RT, Challenger серия MT 800E, производства стран дальнего зарубежья. Из стран СНГ ОАО «Минский тракторный завод» выпускает гусеничные тракторы Беларус-2103 тягового класса 5, ООО «Комбайновый завод Ростсельмаш» выпускает тракторы Buhler Versatile 570 DT тягового класса 8 с возможностью их агрегатирования, как на колесном ходу, так и на гусеничной цепи Quadtrac (рисунок 1).



а)

Трактор Buhler Versatile 570 DT



б)

Трактор Challenger серия MT 800E



в)

Трактор John Deere серии 8RT



г)

Трактор Беларус-2103

Рисунок 1 – Гусеничные тракторы

Такие тракторы могут осуществлять полевые работы с большей производительностью, чем колесные, что позволяет в более сжатые сроки выполнять различные технологические операции, а это особенно актуально при больших площадях в крупных хозяйствах. Например, на одной из основных операций – посеве, соблюдение агротехнических сроков очень важно, а их растягивание может привести к большим потерям будущего урожая.

Одно из главных отличий современных гусеничных тракторов от тракторов Советского периода – замена металлических гусениц на резиноармированные, что позволяет им при небольших транспортных переездах с одного поля на другое не портить асфальтовое покрытие, а также повышение эргономических показателей работы механизаторов. На современных тракторах имеются очень удобные и комфортные кабины с шумоизоляцией, подогревом, кондиционированием, что создает безопасные условия для работы механизаторов. Кроме того, для управления направлением движения гусеничной машины и маневрирования служит рулевое колесо с электронными системами, снижающими усилие и вибрацию и повышающими уровень комфорта механизатора, в отличие от ранее используемых механических рычагов.

При этом одним из главных преимуществ гусеничных тракторов является то, что они имеют лучшие тягово-сцепные качества по сравнению с колесными. За счет лучшего сцепления гусеницы с почвой буксование гусеничного трактора в 3 раза меньше, чем у колесного. Например, допустимое буксование для колесных тракторов с 4-мя ведущими колесами составляет не более 16%, а для гусеничных – не более 5%. Соответственно, проходимость у гусеничных тракторов выше, чем у колесных, и гусеничный трактор пройдет там, где не сможет это сделать колесный, особенно по неровностям и сильно увлажненной почве. А если сравнивать их по маневренности, то преимущество, безусловно, у гусеничного трактора, для которого радиус поворота существенно меньше.

Кроме того, применение гусеничных тракторов на весенне-полевых работах обеспечивает снижение удельного давления на почву до 3,0-5,2 раз по сравнению с применением колесных тракторов тягового класса 5...6 (у колесных тракторов удельное давление достигает 1,5...2,6 кг/см², а у гусеничных – 0,45...0,50 кг/см²). А уплотнение почвы при однократном проходе гусеничного трактора ниже на 19-30%, чем у колесного (уплотнение по колее колесного трактора – 1,42...1,55 г/см³, а по колее гусеничного – 1,15...1,20 г/см³). При этом потери урожая по колее гусеницы в 5 раз меньше, чем по колее колесного трактора. А одним из способов снижения удельного давления является замена колеса на трехосные тележки с гусеничной цепью Quadtrac (рисунок 1а). При этом движителю присущи преимущества колеса – высокая скорость движения до 40 км/ч и преимущества гусеницы, проявляющиеся в низком удельном давлении до 0,5 кг/см², при допустимом значении удельного давления движителей на почву до 0,6 кг/см².

Трактор является тяговым средством и для его характеристики используется тяговый КПД, который в целом рассчитывается, как отношение мощности, затрачиваемой на перемещение орудия ко всей мощности на перемещение агрегата. За счет лучших тягово-сцепных качеств гусеничный трактор может преодолевать большее тяговое сопротивление на перемещение орудия и, соответственно,

развивать большую тяговую мощность, поэтому его тяговый КПД в среднем на 9-12% выше, чем у колесного. В этой связи для инженеров, работающих в хозяйствах, необходимо знать, что такое тяговый класс трактора. Тяговый класс трактора определяется его номинальным тяговым усилием (таблица 1), которое в свою очередь зависит от эксплуатационной массы трактора (полная масса, состоящая из конструктивной массы трактора со всем оборудованием, массы механизатора, массы полной заправки всех емкостей горюче-смазочными материалами и охлаждающей жидкостью, массы инструментов), а не от мощности двигателя, влияющего на скоростные характеристики трактора. Говоря по-простому, номинальное тяговое усилие трактора – это то, сколько трактор может за собой потянуть в процессе работы. И чем больше эксплуатационная масса трактора, тем больше его номинальное тяговое усилие и, соответственно, выше тяговый класс (таблица 1).

Таблица 1 – Соответствие тягового класса трактора его номинальному тяговому усилию (по официальной классификации в соответствии с ГОСТ)

Тяговый класс	Номинальное тяговое усилие, кН (кг)
1,4	12,6-18,0 (1260-1800)
2	18,0-27,0 (1800-2700)
3	27,0-36,0 (2700-3600)
4	36,0-45,0 (3600-4500)
5	45,0-54,0 (4500-5400)
6	54,0-72,0 (5400-7200)
8	72,0-108,0 (7200-10800)
свыше 8	более 108 (более 10800)

Для этого и предусмотрена балластировка тракторов, за счет которой можно изменить эксплуатационную массу трактора. Раньше в технических характеристиках тракторов, выпускаемых в Советском Союзе, указывался тяговый класс трактора, сейчас его нет, но указывается эксплуатационная масса без балластных грузов и с ними (если они предусмотрены). Определить тяговый класс трактора расчетным способом сможет любой инженер в соответствии с несложной методикой, описанной в ГОСТ 27021.

При недостаточной массе трактора, даже при большой мощности двигателя (а она на современных тракторах, как правило, идет с запасом) будет происходить повышенное буксование, что в свою очередь приведет к повышенному расходу топлива, износу шин (гусениц) и снижению производительности. И если сравнить два трактора – колесный и гусеничный с одинаковой массой и мощностью двигателя, то тяговое усилие гусеничного трактора будет на 28% выше, чем у колесного за счет применения гусеничного хода. Это позволяет преодолевать большие тяговые сопротивления и агрегатировать сельскохозяйственные орудия с большей шириной захвата, что, соответственно, позволяет повысить производительность труда при выполнении полевых работ. По результатам исследований, проведенных учеными из Костанайского филиала ТОО «НПЦ агроинженерии», установлено, что за счет лучших тягово-цепных качеств гусеничный трактор обеспечивает повышение производительности при

обработке стерневых фонов до 16%, а на обработке паров – до 28%, при этом идет снижение удельного расхода топлива до 19% и до 27% соответственно.

Одним из важных показателей работы, как колесных, так и гусеничных тракторов является устойчивость, которая характеризует его способность работать на продольных и поперечных уклонах без опрокидывания. Гусеничные тракторы более приспособлены для работы на крутых склонах, так как центр их тяжести расположен относительно низко, динамическая устойчивость лучше и они менее подвержены сползанию со склонов. Гусеничные тракторы можно использовать на энергоемких работах на горных, овражных и балочных склонах крутизной до 20 град.

Бытует мнение, что гусеничные тракторы – это довольно тихоходные машины, но несмотря на наличие гусениц вместо колес, современные гусеничные тракторы могут использоваться в широком диапазоне рабочих скоростей – от 2,5 км/ч до 40 км/ч.

Современные колесные и гусеничные тракторы – это довольно сложные в конструктивном исполнении механизмы, обслуживание и ремонт которых одинаково сложен и требует денежных вложений. Однако необходимо помнить, что новые современные тракторы, ввозимые в Республику Казахстан, в том числе и гусеничные, подлежат обслуживанию в специализированных сервисных центрах. Ремонтировать их самостоятельно, особенно в период их нахождения на гарантии, нежелательно. Для этих целей необходимо привлекать специалистов из сервисных и дилерских центров. Как показал анализ производственной ситуации, наиболее эффективно работают крупные сервисные центры, имеющие высококвалифицированных специалистов, склады запасных частей, производственную базу для ремонта машин и их составных частей, передвижные средства на базе автомобилей для выезда специалистов сервиса к местам дислокации обслуживаемой техники.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, гусеничные тракторы – это востребованные в сельскохозяйственном производстве машины, которые могут эффективно использоваться на полевых работах. Анализ показывает, что в последнее время доля их приобретения за рубежом увеличивается и составляет около 30% от общего парка приобретаемых тракторов. Несмотря на довольно высокую цену (по сравнению с колесными тракторами), вкладывать деньги на их приобретение можно и нужно, особенно это будет оправдано в крупных хозяйствах с большими посевными площадями. Это позволит повысить производительность при выполнении различных технологических операций и сократить сроки проведения работ, соответственно, снизить потери продукции от превышения агротехнических сроков, снизить уплотняющее воздействие на почву и, как следствие повысить урожайность сельскохозяйственных культур. Результаты исследований показывают, что применение гусеничных тракторов на полевых работах позволит увеличить урожайность зерновых культур примерно на 4 ц/га за счет снижения уплотняющего воздействия на почву по сравнению с колесными тракторами.

Библиографический список

- 1 Бейлис, В.М. Технологические системы и продолжительность полевых работ // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2012. № 5. С.14-17.
- 2 Каталог тракторных заводов, производителей тракторной техники. Российский тракторный сервер [Электронный ресурс]. – 2021. – URL:<http://www.traktor.ru> (дата обращения 14.11.2021).
- 3 Давидсон, Е. И. Как повысить эффективность АПК России // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2002. № 11. С.45-46.
- 4 Горбачев, В.И. и др. Состояние и перспективы развития тракторостроения для АПК России / В.И. Горбачев, А.М. Нефедов // Тракторы и сельхозмашины. 2012. №1. С.3-6.
- 5 Бобков, С.И. и др. Анализ структуры парка сельскохозяйственных тракторов в Северном Казахстане / С.И. Бобков, М.А. Плохотенко // Тракторы и с/х машины. 2013. № 6. С. 3-4.
- 6 Бобков, С.И. Анализ факторов, влияющих на эффективность функционирования тракторного парка северного региона Казахстана // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 8. С. 49-51.

References

- 1 Beilis, V.M. Technological systems and duration of field work // Agricultural machines and technologies. 2012. No. 5. P.14-17.
- 2 Catalog of tractor factories, manufacturers of tractor equipment. Russian tractor server [Electronic resource].– 2021. – URL: <http://www.traktor.ru> (date of treatment 14/112021), (in Russian).
- 3 Davidson, E.I. How to improve the efficiency of the agro-industrial complex of Russia // Tractors and agricultural machines. 2002. No. 11. P.45-46.
- 4 Gorbachev, V.I. and other. State and prospects for the development of tractor construction for the agro-industrial complex of Russia / V.I. Gorbachev, A.M. Nefedov // Tractors and agricultural machines. 2012. No. 1. S.3-6.
- 5 Bobkov, S.I. and other. Analysis of the structure of the agricultural tractor park in Northern Kazakhstan / S.I. Bobkov, M.A. Plohotenko // Tractors and agricultural machines. 2013. No. 6. P. 3-4.
- 6 Bobkov, S.I. Analysis of the factors affecting the efficiency of the functioning of the tractor fleet in the northern region of Kazakhstan // Tractors and agricultural machines. 2015. No. 8. S. 49-51.

ГЕНОМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: ПРАВОВОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ**М. А. Хомякова^{1, 2 *}**¹Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Российская Федерация²Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Российская Федерация***E-mail: homyakovama@mail.ru ***

Аннотация: в данной статье рассматривается актуализация тематики геномных исследований в различных отраслях науки. Автор раскрывает важность геномных исследований с точки зрения юриспруденции, сельского хозяйства и экономики.

В статье анализируется важность экономического регулирования геномных исследований. В настоящее время значительную финансовую поддержку геномным исследованиям, согласно результатам данной научной работы, оказывает государство. В работе рассматривается возможность частного финансирования геномных исследований в будущем.

Ключевые слова: генетика; геномные исследования; экономическое регулирование; правовое регулирование; биопроизводство.

GENOMIC RESEARCH: LEGAL AND ECONOMIC ASPECTS**М. А. Khomyakova^{1, 2 *}**¹Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia¹Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia***E-mail: homyakovama@mail.ru ***

Annotation: this article discusses the actualization of the topics of genomic research in various branches of science. The author reveals the importance of genomic research from the point of view of jurisprudence, agriculture and economics.

The article analyzes the importance of economic regulation of genomic research. Currently, significant financial support for genomic research, according to the results of this scientific work, is provided by the state. The paper considers the possibility of private financing of genomic research in the future.

Keywords: genetics; genomic research; economic regulation; legal regulation; bio-production.

Постановка проблемы (Introduction)

В настоящее время актуализируются тема геномных исследований в различных отраслях фундаментальных и прикладных наук. Геномные исследования, изначально представляющие интерес в

основном в сфере медицины и биологии, сегодня стали предметом изучения ученых многих направлений. Актуальность данных исследований позволяет говорить о важности финансирования таковых.

Методология и методы исследования (Methods)

Для исследования данной тематики возможно использование как общенаучных, так и частнонаучных методов.

Как и любые отношения, отношения в сфере геномных исследований нуждаются в правовом регулировании, что представляет интерес для теоретиков мира юриспруденции [1], причем как на национальном [2], так и на международном уровне [3]. При исследовании такой темы необходимо учитывать генезис развития генетических исследований, уделить особое внимание методу толкования.

Результаты (Results)

Результаты геномных исследований породили новые виды преступлений, что является вполне логичным результатом с точки зрения криминологии: к сожалению, практически каждая вновь возникающая ценность рано или поздно становится объектом преступных посягательств. Не обошла стороной эта печальная участь и результаты геномных исследований [4]. Интерес юристов, занимающихся уголовным правом, к результатам геномных исследований, необходим для разработки рекомендаций о поправках к законодательству для обеспечения должного уровня уголовно-правовой охраны таких значимых для социума научных результатов в сфере геномных исследований [5].

Особый интерес развитие геномных исследований представляет для криминалистов: разработки в сфере геномных исследований позволили совершить большой шаг в расследовании преступлений. Каждый участник противоправных деяний вольно или невольно оставляет на месте совершения преступления свои биологические следы. Разработки в сфере геномных исследований помогают субъектам расследования идентифицировать участников процесса или, если личность так и не удалось установить, получить информацию о таких критериях участника процесса как пол, примерный возраст, этническая принадлежность и т. д [6].

Особую роль играют геномные исследования в развитии сельского хозяйства. Это хорошо заметно в рамках развития сельскохозяйственных наук в России: география и природные условия территорий различных регионов нашего государства являются достаточно разнообразными, и не вся почва – благодатная для посева и выращивания агрономических культур. Результаты, полученные в ходе разработки геномных исследований, позволяют адаптировать различные культуры для выращивания и культивирования их даже на самых неблагоприятных территориях [7-9].

Геномные исследования в ветеринарии и биопроизводстве позволяют выводить наиболее выносливые и полезные породы домашних животных, используемых в агропромышленном комплексе России [10-13]. Благодаря таким исследованиям, возможно не только достаточно скоро вывести новое

поколение домашних животных, обладающих самыми лучшими качествами, но и предупредить болезни и прочие осложнения, которые могут возникнуть в ходе жизненного цикла животных.

Как и любые научные разработки, геномные исследования требуют финансового вложения [14]. Сегодня значительная часть геномных исследований, проводимых на территории Российской Федерации, финансируется из государственного бюджета. Представители российской власти и науки неоднократно высказывались о важности и необходимости экономического развития геномных исследований в России [15].

Согласно тексту п. 1.2 Приказа Росстата от 28.06.2019 № 363 «Об утверждении методик расчета показателей федеральных проектов национального проекта "Наука"» говорит о необходимости расчета показателя «Выполненный объем разработок, оканчивающихся изготовлением, предварительными и приемочными испытаниями опытного образца (опытной партии)», используемого для определения эффективности выполнения задач «Создание не менее 15 научно-образовательных центров мирового уровня на основе интеграции университетов и научных организаций и их кооперации с организациями, действующими в реальном секторе экономики» и «Создание научных центров мирового уровня, включая сеть международных математических центров и центров геномных исследований» упомянутого выше федерального проекта.

В Указе Президента РФ от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» сказано, что указанные в предыдущем абзаце данного научного исследования исследовательские центры должны действовать в реальном секторе российской экономики.

Несмотря на то, что на первоначальном этапе геномные исследования могут быть убыточными с точки зрения экономики [16], их результат позволит вывести российскую науку в сфере геномных исследований на новый уровень, поэтому дальнейшее финансовое инвестирование в данную отрасль является целесообразным в долгосрочной перспективе, на взгляд автора настоящего научного исследования.

В цивилистической науке сегодня можно встретить предложения о дальнейшей: «Важность развития конкурентного гражданско-правового оборота, в том числе в социально-правовых отношениях, таких как биомедицинская деятельность, геномная инженерия, растет с каждым годом. Здоровая конкуренция, свободное предпринимательство, вовлечение в гражданский оборот все новых объектов являются важнейшими факторами развития гражданско-правовых отношений в современной России, устойчивости национальной экономики и защиты интеллектуальных прав в сфере биомедицины и геномных исследований» [17]. Данное предложение, по мнению автора данной работы, является целесообразным для дальнейшего развития геномных исследований и для их более доступного использования с точки зрения экономики в ближайшем будущем.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Геномные исследования являются пуском и молодой, но уже неотъемлемой отраслью российской науки. Для наиболее эффективного развития таких исследований необходимо должное финансирование, которое сегодня обеспечивает государство. В то же время научные разработки в сфере экономики и права показывают, что следующим логическим шагом развития геномных исследований является вливание частных капиталов в данную нишу.

Библиографический список

1. Берг Л.Н., Голубцов В.Г. Направления правового воздействия в сфере геномных исследований: российский и международный опыт // Вестник Пермского университета. Юридические науки. 2020. № 4. С. 638 - 649.
2. Домовская Е.В. Ограничения возможности патентования результатов геномных исследований в российском законодательстве // Российский судья. 2020. № 5. С. 55 - 64.
3. Доронина Н.Г., Семилютин Н.Г. Рациональность в праве и взаимодействие правовых систем: к вопросу о методологии научных исследований // Международное публичное и частное право. 2020. № 6. С. 3 - 8.
4. Хомякова М. А. Лицензирование деятельности по производству биомедицинских клеточных продуктов: уголовно- правовой аспект // Международный форум «Медицинское право». Материалы Международной научно-практической конференции: сборник. Отв. за выпуск В.Д. Гридасов. Екатеринбург, 2021. С. 96-101.
5. Хомякова М. А. Геномные исследования в сельском хозяйстве: правовой аспект //Аграрное образование и наука. 2021. № 3.
6. Абдулина Е.В., Зыков В.В. Проблемы назначения и проведения судебно-медицинских генетических экспертиз по гражданским делам // Медицинское право. 2018. № 6. С. 26 - 29.
7. Карпухин М.Ю., Мотов В.М., Игнатова С.И., Куимова В.А., Мельниченко К.А., Демиденко Е.В., Кирсанов Ю.А. Способ подбора гибридов томата для промышленных теплиц зоны Урала. Патент на изобретение 2740106 С1, 11.01.2021. Заявка № 2020108358 от 26.02.2020.
8. Кушоков Д.Ф., Карпухин М.Ю. Сортоизучение гибридов огурца селекции внииссок на малообъемной гидропонике в условиях светокультуры // Вклад молодых ученых в развитие АПК. сборник тезисов. 2021.
9. Кирчанова Г.В., Карпухин М.Ю. Выращивание картофеля с помощью технологий in-vitro, гидропонике и селективного света // Инновационные технологии в садоводстве и ландшафтном дизайне. Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, молодых ученых и специалистов . 2021. С. 17-21.

10. Баркова А.С., Быкова О.А., Мильштейн И.М., Шурманова Е.И. Исследование влияния «проме Вита», витаминно-минеральной добавки, на производство молока и репродуктивные показатели молочных коров // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2022. № 2. С. 97-106.
11. Чеченихина О.С., Быкова О.А., Лоретц О.Г., Степанов А.В. Возраст выбытия коров из стада в зависимости от генетических и паратипических факторов // Аграрный вестник Урала. 2021. № 6 (209). С. 71-79.
12. Касимова Г.В., Косилов В.И., Ребезов М.Б., Быкова О.А., Харламов А.В. Особенности телосложения бычков симментальской породы и её помесей с красным степным и чёрно-пёстрым скотом // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (89). С. 244-247.
13. Vykova O.A., Chechenikhina O.S., Stepanov A.V., Kostyunina O.V., Shevkunov O.A., Kosilov V.I. A Study on Milk Productivity of Black-and-White Cows Considering Genotypes of DNA Markers CSN2, LGB, CRN, STAT1, TFAM1, and TFAM2 // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2022. Т. 13. № 3. С. 13A3J.
14. Стукалова Г.Ю. Теоретические подходы к анализу эффективности бюджетных учреждений // Бухгалтерский учет в бюджетных и некоммерческих организациях. 2021. № 24. С. 2 - 15.
15. Назанов В. С., Сисигина Н. Н. Экономика генетического здравоохранения // Экономическая политика. 2018. Т. 13. № 6. С. 188–213.
16. Пестрикова А.А. Проблемы получения информированного согласия при проведении геномных и генетических исследований // Актуальные проблемы российского права. 2022. № 1. С. 105 - 115.
17. Левушкин А.Н. Гражданско-правовое регулирование геномных технологий и оборотоспособность генов как объектов гражданских прав // Гражданское право. 2019. № 5. С. 26 - 29.

References

1. Berg L.N., Golubtsov V.G. Directions of legal influence in the field of genomic research: Russian and international experience // Bulletin of Perm University. Legal sciences. 2020. No. 4. S. 638 - 649.
2. Domovskaya E.V. Limitations of the possibility of patenting the results of genomic research in Russian legislation // Russian Judge. 2020. No. 5. S. 55-64.
3. Doronina N.G., Semilyutina N.G. Rationality in law and interaction of legal systems: on the methodology of scientific research // International public and private law. 2020. No. 6. S. 3-8.
4. Khomyakova M. A. Licensing of activities for the production of biomedical cell products: criminal-legal aspect // International Forum "Medical Law". Materials of the International Scientific and Practical Conference: collection. Rel. for the release of V.D. Gridasov. Yekaterinburg, 2021. S. 96-101.
5. Khomyakova M. A. Genomic research in agriculture: legal aspect // Agricultural education and science. 2021. No. 3.

6. Abdulina E.V., Zыkov V.V. Problems of appointment and conduct of forensic genetic examinations in civil cases // *Medical law*. 2018. No. 6. S. 26-29.
7. Karpukhin M.Yu., Motov V.M., Ignatova S.I., Kuimova V.A., Melnichenko K.A., Demidenko E.V., Kirsanov Yu.A. Method of selection of tomato hybrids for industrial greenhouses of the Urals zone. Patent for invention 2740106 C1, 11.01.2021. Application No. 2020108358 dated 02/26/2020.
8. Kushokov D.F., Karpukhin M.Yu. Variety study of cucumber hybrids of vniissok selection on low-volume hydroponics in light culture conditions // *Contribution of young scientists to the development of agriculture. collection of abstracts*. 2021.
9. Kirchanova G.V., Karpukhin M.Yu. Potato cultivation using in-vitro technologies, hydroponics and selective light // *Innovative technologies in gardening and landscape design. Materials of the All-Russian scientific and practical conference of students, young scientists and specialists*. 2021. S. 17-21.
10. Barkova A.S., Bykova O.A., Milstein I.M., Shurmanova E.I. Investigation of the effect of promevit, a vitamin and mineral supplement, on milk production and reproductive indicators of dairy cows // *Veterinary, animal science and biotechnology*. 2022. No. 2. S. 97-106.
11. Chechenikhina O.S., Bykova O.A., Loretz O.G., Stepanov A.V. The age of cows leaving the herd depending on genetic and paratypical factors // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021. No. 6 (209). S. 71-79.
12. Kasimova G.V., Kosilov V.I., Rebezov M.B., Bykova O.A., Kharlamov A.V. Features of the physique of bulls of the Simmental breed and its crossbreeds with red steppe and black-and-white cattle // *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2021. No. 3 (89). S. 244-247.
13. Bykova O.A., Chechenikhina O.S., Stepanov A.V., Kostyunina O.V., Shevkunov O.A., Kosilov V.I. A Study on Milk Productivity of Black-and-White Cows Considering Genotypes of DNA Markers CSN2, LGB, CRN, STAT1, TFAM1, and TFAM2 // *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*. 2022. Vol. 13. No. 3. S. 13A3J.
14. Stukalova G.Yu. Theoretical approaches to the analysis of the effectiveness of budgetary institutions // *Accounting in budgetary and non-profit organizations*. 2021. No. 24. S. 2 - 15.
15. Nazanov V. S., Sisigina N. N. Economics of genetic healthcare // *Economic policy*. 2018. Vol. 13. No. 6. S. 188-213.
16. Pestrikova A.A. Problems of obtaining informed consent during genomic and genetic research // *Actual problems of Russian law*. 2022. No. 1. S. 105 - 115.
17. Levushkin A.N. Civil law regulation of genomic technologies and the turnover of genes as objects of civil rights // *Civil law*. 2019. No. 5. S. 26-29.

СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

С.В. Радионова^{1*}, С.В. Петрякова^{1*}, Н.Б. Фатеева^{1*}, Н.А. Алимарданова^{1*}

¹Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: svr_svetlana@mail.ru

Аннотация. Современные экономические и политические условия в стране увеличивают значимость развития сельского хозяйства не только в России в целом, но и отдельно в каждом регионе. Аграрная политика России направлена в первую очередь на совершенствование отраслей АПК, готовность к наполнению внутреннего рынка продуктами. Развитие государственной поддержки АПК соответствует трансформации, происходящей в странах мира. В последние годы уровень самообеспечения продуктами питания растет, отмечается рост валовой продукции сельского хозяйства, как по отрасли растениеводства, так и по отрасли животноводства, что является свидетельством происходящих преобразований в сфере АПК и повышения конкурентоспособности продовольствия.

В статье дана оценка текущего состояния агропромышленного комплекса в Свердловской области, рассмотрена экономическая эффективность отраслей животноводства и растениеводства, определены проблемы, мешающие эффективному развитию сельского хозяйства в регионе. Отмечена проблема снижения численности населения на сельских территориях (данная проблема выходит на первый план в современных условиях), которая связана с урбанизацией и депопуляцией. Упоминается проблема отсутствия новой сельскохозяйственной техники, необходимость финансовых вложений при возврате плодородных земель в хозяйственный оборот и медленное развитие социальной инфраструктуры.

Ключевые слова: продуктивность животных, импортозамещение, сельское хозяйство, санкции, поголовье, субсидии, среднесписочная численность работников сельхозугодия.

STATE AND PROBLEMS OF AGRICULTURAL DEVELOPMENT IN THE SVERDLOVSK REGION

S.V. Radionova^{1*}, S.V. Petryakova¹, N.B. Fateeva¹, N.A. Alimardanova¹

¹Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

*E-mail: svr_svetlana@mail.ru

Abstract. Modern economic and political conditions in the country increase the importance of agricultural development not only in Russia as a whole, but also separately in each region. The agrarian policy of Russia is aimed primarily at improving the branches of the agro-industrial complex, readiness to fill the domestic market with products. The development of state support for the agro-industrial complex corresponds to the transformation taking place in the countries of the world. In recent years, the level of self-sufficiency in food has

been growing, there has been an increase in gross agricultural output, both in the crop and livestock industries, which is evidence of ongoing transformations in the agro-industrial complex and an increase in the competitiveness of food.

The article assesses the current state of the agro-industrial complex in the Sverdlovsk region, considers the economic efficiency of the livestock and crop industries, and identifies problems that hinder the effective development of agriculture in the region. The problem of population decline in rural areas is noted (this problem comes to the fore in modern conditions), which is associated with urbanization and depopulation. The problem of the lack of new agricultural equipment, the need for financial investments in the return of fertile lands to economic circulation and the slow development of social infrastructure are mentioned.

Keywords: animal productivity, import substitution, agriculture, sanctions, livestock, subsidies, average number of agricultural workers.

Постановка проблемы (Introduction)

Развитие отраслей агропромышленного комплекса в современных политических и экономических условиях является первостепенным направлением деятельности любого региона страны. В последние годы интерес к развитию сельского хозяйства в России начал наблюдаться как со стороны государства, так и со стороны населения, это обусловлено изначально как условиями пандемии коронавирусной инфекции, так и политикой «закрытых границ» и санкциями со стороны стран Запада в последствии.

Импортозамещение в аграрном секторе идет большими темпами, но в то же время необходимо отметить, что сохраняется зависимость от зарубежных технологий и оборудования.

В рамках Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия значение и состояние развития каждого региона постоянно возрастает.

«Современная аграрная политика должна создавать условия для роста агропромышленного производства и тем самым повысить уровень регионального продовольственного самообеспечения. Задача не простая, т. к. сельское хозяйство при этом должно также сохраниться как жизнеобразующая отрасль, выполняющая роль важной социально-экономической функции на селе, основы традиционного уклада жизни селян» [4].

По оценке Министерства сельского хозяйства Российской Федерации и предварительным данным Федеральной службы государственной статистики, «в 2020 году достигнуты или превышены плановые значения уровня самообеспечения, предусмотренные Государственной программой, по зерну, сахару, маслу растительному, мясу и мясопродуктам, овощам и бахчевым, фруктам и ягодам. При этом уровень самообеспечения ниже плановых значений Государственной программы остается по картофелю, молоку и молокопродуктам» [1].

Аналитическая оценка производства продовольствия в Свердловской области обусловила актуальность настоящего исследования.

Методология и методы исследования (Methods)

При выполнении исследования была проведена оценка текущего состояния агропромышленного комплекса в Свердловской области, были выбраны отдельные показатели, характеризующие изменения в развитии сельского хозяйства. В основу методологическую вошли труды отечественных ученых, посвященных проблемам развития АПК, статистические показатели. Задачи решались общенаучными методами, теоретическую базу составляют научные публикации, статистические данные Территориального органа Федеральной службы государственной статистики, а также данные государственных органов исполнительной власти Свердловской области.

Результаты (Results)

«Исследования в области диагностики развития сельского хозяйства всегда востребованы и актуальны, так как такая информация является динамической.» [3].

Проведем оценку текущего состояния агропромышленного комплекса в Свердловской области. В 2020 году по отношению к 2019 году производство валовой продукции сельского хозяйства увеличилось на 5 %, в том числе по отрасли растениеводства - на 4 %, по отрасли животноводства - на 5 %. Увеличилось число хозяйств с 2018 в 2019 году, до 221 в 2020, из которых в 2020 году 184 с прибылью и 37 с убытком. Так прибыль до налогообложения сельскохозяйственных организаций Свердловской области увеличилась в 2020 году по сравнению с 2019 годом на 21,9 %, чистая прибыль возросла на 23% в аналогичном периоде.

В анализируемом периоде посевные площади в Свердловской области увеличились на 3354 га, данный рост произошел из-за увеличения посевных площадей под зерновыми культурами на 5227 га.

Сбор зерновых культур (валовой) уменьшился на 5 % с 708 до 674 тыс. т., овощей открытого грунта – на 11 %, картофеля – на 7 %, на что повлияло уменьшение урожайности ввиду неблагоприятных погодных условий:

- зерновых культур с 22,3 до 20,9 ц/га;
- картофеля с 161 до 156 ц/га;
- овощей открытого грунта с 295 до 267 ц/га.

Экономическая эффективность реализации продукции растениеводства в 2020 году улучшилась по сравнению с 2019 годом, так уровень рентабельности без учета субсидий в 2020 году составил 33,5 % по сравнению с 31,4 % в 2019 году, прибыль от реализации продукции увеличилась с 1503 млн. рублей в 2019 году до 1715 млн. руб. в 2020. Увеличение уровня рентабельности и рост прибыли стали возможными благодаря увеличению выручки от реализации продукции растениеводства в 2020 году по сравнению с 2019 на 8,9 %. В свою очередь увеличение выручки от реализации продукции растениеводства обусловлено ростом цен продаж по зерновым с 9,25 руб/кг до 10,6 руб/кг, по картофелю с 9,49 руб/кг до 11,65 руб/кг соответственно в 2019 и 2020 гг.

Поголовье крупного рогатого скота за последние два года уменьшилось на 5356 голов, в том числе коров на 904 головы, коз на 326 голов. При этом поголовье свиней увеличилось на 16635 голов. Объемы валового производства по всем видам продукции животноводства удалось удержать, так в 2020 году объемы производства молока увеличились на 7 % по сравнению с 2019 годом; выращено скота и птицы в 2020 году на 2 % больше чем в 2019.

На увеличение производства молока и мяса повлиял рост продуктивности скота, так удой на одну фуражную корову увеличился с 7505 кг в 2019 до 7876 кг в 2020, среднесуточный привес молодняка крупного рогатого скота возрос с 680 гр. до 685 гр., привес молодняка свиней увеличился с 593 гр. до 616 гр.

Экономическая эффективность по отрасли животноводства в Свердловской области остается стабильной, так уровень рентабельности без учета субсидий за последние два года составляет 10,1 – 10,2 %, прибыль и выручка от реализации продукции животноводства в 2020 году возросли на 7 % по сравнению с 2019 годом. В структуре выручки от реализации продукции животноводства в Свердловской области также наблюдается стабильность в анализируемом периоде, так в 2020 году наибольший удельный вес приходится на продукцию птицеводства – 40,4 %, на втором месте молоко – 34,8 %, на третьем месте производство свиней – 17,9 %, на четвертом месте производство крупного рогатого скота – 6,5 %. Также необходимо отметить, что доля субсидий в выручке в 2020 году снизилась до 5,5 % по сравнению с 5,7 % в 2019.

Среднесписочная численность работников агропромышленного комплекса сократилась на 3%, а именно с 26,9 тыс. человек в 2019 году до 26,2 тыс. человек в 2020, в том числе непосредственно в сельском хозяйстве с 23 тыс. чел в 2019 до 22,5 тыс. человек в 2020. Одновременно с этим среднемесячная оплата труда (без выплат социального характера) в анализируемом периоде увеличилась на 8 %. Причинами сокращения среднесписочной численности работающих в сельскохозяйственных организациях являются продолжающаяся урбанизация, внедрение новых технологий, предполагающих оптимизацию численности работающих. В последние годы большими темпами идет замена устаревших технологий и техники новыми, что положительно влияет на рост производительности труда, так в 2020 году производительность труда на 1 работника в сельском хозяйстве составила 2653,7 тыс. руб., по сравнению с 2482,9 тыс. руб. в 2019, общее увеличение показателя составило 7 %.

По результатам исследования А.И. Бородиной, И.Ю. Выгодчиковой, Е.И.Дзюбас, Г.И. Панаедовой в рейтинге продовольственной обеспеченности регионов Свердловская область занимает 59 место из 82 возможных [2].

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Агропромышленный комплекс это одно из важнейших направлений развития страны и региона, так как именно от АПК зависит обеспеченность страны продовольствием. В современных условиях существуют несколько проблем, мешающих эффективному развитию сельского хозяйства.

В качестве первой из них можно обозначить слабое обеспечение сельскохозяйственной техникой, многие предприятия попросту не могут себе позволить обновить устаревшее оборудование. Также нужно отметить, что в России есть предприятия, производящие хорошую сельскохозяйственную технику.

В качестве второй проблемы можно обозначить тот факт, что в течении последних 10-15 лет наблюдалось планомерное сокращение производства, соответственно посевные площади и поголовье скота сокращены до минимума. В настоящее время предпринимаются попытки вернуть плодородные земли в хозяйственный оборот, но это требует дополнительного объема финансовых вложений.

В качестве третьей проблемы можно выделить медленное развитие социальной инфраструктуры сельских территорий, что способствует урбанизации и затрудняет привлечение молодых специалистов в отрасль.

Эффективная политика государства в области сельского хозяйства и четкое следование ключевым ориентирам позволило сформировать продовольственную безопасность страны, по ряду продуктов Российская Федерация производит необходимое количество продукции и имеет возможность экспортировать излишки [5].

Библиографический список

- 1 Постановление Правительства РФ от 14.07.2012 N 717 (ред. от 19.01.2022) "О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия"
- 2 Бородин А.И., Выгодчикова И.Ю., Дзюба Е.И., Панаедова Г.И. Продовольственная безопасность: меры финансовой господдержки устойчивого развития сельского хозяйства регионов России. Финансы: теория и практика. 2021;25(2):35-52. DOI: 10.26794/2587-5671-2021-25-2-35-52
- 3 Матушевская Е.А., Очередникова О.С. Диагностика состояния и тенденции развития сельского хозяйства российской федерации: региональный аспект// Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2019. Т. 5. № 1 (17). С. 89-98.
- 4 Роднина Н.В. Доктрина продовольственной безопасности: региональный аспект // Арктика и Север. 2021. № 45. С. 23–35. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2021.45.23
- 5 Официальный сайт Министерства агропромышленного комплекса и продовольствия Свердловской области. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://mcxso.midural.ru/article/show/id/105>

References

- 1 Decree of the Government of the Russian Federation of July 14, 2012 N 717 (as amended on January 19, 2022) "On the State Program for the Development of Agriculture and the Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food Markets"

- 2 Borodin A.I., Vygodchikova I.Yu., Dzyuba E.I., Panaedova G.I. Food security: measures of financial state support for the sustainable development of agriculture in Russian regions. Finance: theory and practice. 2021;25(2):35-52. DOI: 10.26794/2587-5671-2021-25-2-35-52
- 3 Matushevskaya E.A., Ocherednikova O.S. Diagnostics of the state and trends in the development of agriculture in the Russian Federation: a regional aspect // Bulletin of the Mari State University. Series: Agricultural sciences. Economic sciences. 2019. V. 5. No. 1 (17). pp. 89-98.
- 4 Rodnina N.V. Doctrine of food security: regional aspect // Arctic and North. 2021. No. 45. S. 23–35. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2021.45.23
- 5 Official website of the Ministry of Agro-Industrial Complex and Food of the Sverdlovsk Region. Electronic resource. Access mode: <https://mcxso.midural.ru/article/show/id/105>