

## НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ И АГРЕГАТОВ ТРАКТОРОВ СЕМЕЙСТВА МТЗ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОТКАЗОВ ПО ИНТЕРВАЛАМ НАРАБОТКИ

**В. В. Иванов**, канд. техн. наук, доцент; **С. А. Доценко**, ассистент;  
**А. В. Седов**, аспирант; **А. П. Николаев**, аспирант,  
ФГБОУ ВО Нижегородская ГСХА,  
пр-т Гагарина, д. 97, г. Нижний Новгород, Россия, 603107  
E-mail: [vospitngsha2014@yandex.ru](mailto:vospitngsha2014@yandex.ru)

*Аннотация.* В статье приводятся результаты анализа расхода запасных частей на устранение отказов систем и агрегатов тракторов семейства МТЗ по интервалам наработки. Исследования проводились в рядовой эксплуатации тракторов данного семейства на протяжении 2014–2015 годов на двух сельскохозяйственных предприятиях Нижегородской области – в СПК «Медяна» Пильнинского района и ОАО «Плодопитомник» Лысковского района. Методика включала распределение наблюдаемых тракторов по интервалам наработки от 200 до 1200 у.э.га, для каждого из интервалов определено количество номенклатурных наименований заменяемых элементов. Также дано описание распределения заменяемых при устранении отказов запасных частей по группам. Выведена полиномиальная зависимость количества номенклатурных наименований заменяемых элементов от наработки. Анализ зависимости показал, что наибольшее количество (не менее 59%) номенклатурных наименований приходится на интервал наработки от 400 до 800 у.э.га. Причем пик (более 23%) расхода запасных частей лежит в районе наработки в 800 у.э.га. С учетом объединения выборки тракторов по двум хозяйствам доверительная вероятность наблюдений составила 0,95, а относительная ошибка не превышает 20%.

*Ключевые слова:* надежность систем и агрегатов, распределение отказов, интервалы наработки

**Введение.** В процессе эксплуатации тракторов возникают отказы, нарушающие малым или существенным образом их работоспособность. Все отказы закономерны, поскольку техника в процессе эксплуатации изнашивается, и ресурс, соответственно, уменьшается. Это приводит к кратковременному или длительному простоя, что влечет за собой существенные экономические потери. Кроме того, снижаются показатели надежности техники и способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения [1, 8, 9].

Целью данного исследования является анализ расхода запасных частей на устранение отказов систем и агрегатов тракторов семейства МТЗ по интервалам наработки и определение зависимости количества номенклатурных наименований заменяемых элементов от наработки.

**Методика.** Для оценки надёжности и распределения нагрузки на тракторы по ин-

тервалам наработки нами была построена диаграмма. Распределение наработки тракторов представлено по двум хозяйствам Нижегородской области (СПК «Медяна» Пильнинского района и ОАО «Плодопитомник» Лысковского района), в которых проводились наблюдения (рис. 1) [2].

Анализируя диаграмму можно сделать вывод, что в ОАО «Плодопитомник» нарушена система распределения загрузки тракторов семейства МТЗ. Так, например, из диаграммы видно, что в ОАО «Плодопитомник» минимальную наработку (не более 200 у.э.га на один трактор) имеют 9 тракторов, что составляет 41% имеющегося парка, в то время как максимальную наработку ( $\approx 1000$  у.э.га) вырабатывают всего два трактора (9% парка). В СПК «Медяна» распределение нагрузки на тракторный парк более равномерное, 89% тракторов имеют наработку в интервале от 400 до 1000 у.э.га.

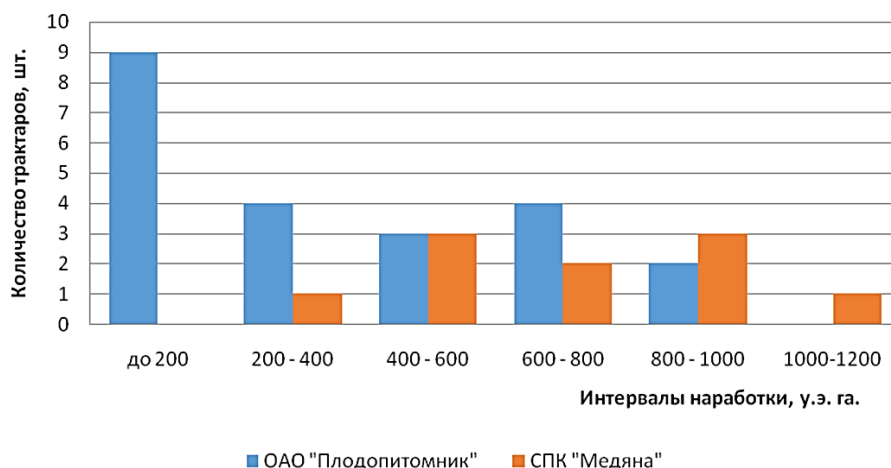


Рис. 1. Распределение наработки тракторов семейства МТЗ по интервалам наработки за 2015 год

Увеличение наработки на трактор неукоснительно приводит к увеличению отказов, а, соответственно, и времени пребывания техники в ремонте, поэтому планирование загрузки тракторов имеет важное значение. Простои таких высокопроизводительных агрегатов приводят к затягиванию агротехнических сроков, что в конечном итоге сказывается на потерях урожая [3, 13].

**Результаты.** Проведя наблюдения в рядовой эксплуатации, нами были получены некоторые результаты анализа расхода запасных частей на устранение отказов по группе тракторов

семейства МТЗ. Под наблюдением находились 32 трактора, в том числе 3 – МТЗ 82.1 новых (2014 года выпуска), 13 – семейства МТЗ после капитального ремонта и 16 – в эксплуатации.

Устранение отказа производилось либо заменой отказавшего элемента (детали, узла, агрегата) новыми элементами, либо элементами, уже бывшими в эксплуатации, а также возможной регулировкой.

В таблице 1 представлен удельный вес используемых на предприятиях запасных частей по группам для устранения отказов тракторов.

Таблица 1

Распределение запасных частей по группам, заменяемых при ремонте тракторов, %

Тракторы новые		Тракторы, прошедшие капитальный ремонт	
новые запчасти	запчасти б/у	новые запчасти	запчасти б/у
в стоимостном выражении			
90	10	90	10
по номенклатуре			
95	5	95	5

Как видно из таблицы, большее число деталей заменяется новыми (примерно 95%). Это связано с доступностью практически любой категории узлов и деталей и высоким уровнем логистики. Срок поставки детали или узла в среднем меньше срока восстановления. Ресурс новой детали также превосходит ресурс восстановленной. Отрицательной стороной является лишь стоимостная оценка; более того, иногда приобретение новых элементов является просто нецелесообразным.

На долю запасных частей, бывших в эксплуатации и восстановленных, приходится не более 5%. Это связано с отсутствием на данных предприятиях технологии по восстановлению

узлов и деталей, специализированного оборудования и квалифицированного персонала. Стоит также отметить, что большая часть работ по восстановлению деталей и сопряжений проводится по кооперации со специализированными ремонтными предприятиями, например, восстановление корпусных узлов и деталей (блок, корпус, крышка и др.) [5, 12, 14].

Для анализа расхода запасных частей тракторов семейства МТЗ, прошедших капитальный ремонт, построена диаграмма. Данная диаграмма представлена в координатах: количество номенклатурных наименований заменённых элементов – интервалы наработки тракторов (рис. 2).

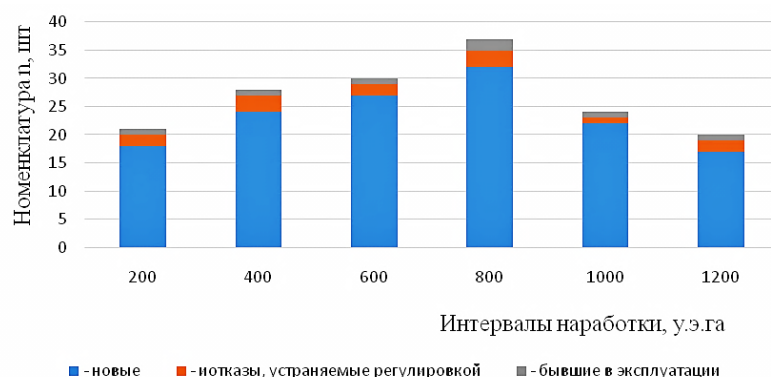


Рис. 2. Диаграмма расхода запасных частей тракторов семейства МТЗ после капитального ремонта по интервалам наработки

За период наработки в 800 у.э.га для новых тракторов зафиксирована частая замена диска сцепления. Регулировка форсунок с заменой распылителей и ремонтного комплекта чаще наблюдается в интервале наработки 600–800 у.э.га. Преобладающим отказом также является износ рукава высокого давления, замена этих запасных частей производилась неоднократно в течение всего периода наблюдений. Большая часть отказов связана с нарушением условий эксплуатации тракторов (превышение нагрузки на единицу техники, небрежное отношение и др.).

Для тракторов, прошедших капитальный ремонт, отказ основных узлов ТНВД зафиксирован при наработке 600–800 у.э.га (из 13 наблюдаемых тракторов отказ зафиксирован у 4).

В интервале наработки тракторов семейства МТЗ 800–1200 у.э.га наиболее часто отказываемые узлы и системы следующие:

1. Система питания: зависание иглы распылителя форсунки; износ плунжерных пар; нарушение регулировок топливного насоса; износ кулачкового вала топливного насоса и подшипника; износ валика подкачивающего насоса; износ узлов масляного насоса; срез шпонки шестерни привода масляного насоса; износ зубьев ведущей шестерни вала привода масляного насоса; износ РВД; износ патрубков, шлангов, штуцеров.

2. Система охлаждения: разрушение прокладки водяного насоса; разрыв ремня вентилятора; поломка лопастей вентилятора; износ манжеты крыльчатки водяного насоса; коррозионное разрушение корпуса насоса; нарушение герметичности системы; износ шлангов, штуцеров.

3. Сцепление и трансмиссия: поломка скоб и пружин отжимных рычагов сцепления; нарушение зазоров сопряжения между отжимным рычагом и упором выжимного подшипника; износ фрикционных накладок дисков; трещина в ведомом диске; обрыв болтов крепления стакана выжимного подшипника; разрушение выжимного подшипника; износ накладки колодки тормозка; нарушение сопряжений рычагов включения сцепления; залегание перепускного клапана распределителя (срез упоров и др.); нарушение регулировки тормозов; износ тормозных дисков; износ тормозного барабана.

4. Гидравлическая система: износ зубьев шестерни привода насоса гидравлической навесной системы; засорение замедлительного клапана; излом пружины перепускного клапана; износ золотника распределителя; поломка пружины предохранительного клапана; нарушение герметичности гидроцилиндров; износ патрубков, шлангов, штуцеров.

5. Рулевое управление: увеличение зазоров в червячной паре рулевого механизма; износ шлицев вала колонки; выкрашивание зубьев сектора рулевого управления.

Также можно выделить отдельную группу отказов, связанную со специализацией работы трактора. Например, для тракторов, связь с агрегатом которых осуществляется непосредственно через вал отбора мощности, частым отказом является нарушение работоспособности узлов, входящих в систему ВОМ (смятие шлицев валов, нарушение геометрии валов, износ вилок и рычагов включения и др.). Для тракторов, где основная нагрузка приходится на гидравлическую систему, отка-

зы в большей части распределяются именно на узлы данной системы [6, 7, 10, 11].

В результате анализа полученных данных расхода запасных частей тракторов семейства МТЗ после капитального ремонта нами была выведена зависимость количества номенклатурных наименований заменяемых элементов

( $n$ ) от наработки ( $x$ ), в 1000 у.э.га. Эту зависимость выглядит следующим образом:

$$n = -2,0536 \cdot x^2 + 14,089 \cdot x + 8,5$$

В результате математической обработки данных в системе Excel построен график данной зависимости (рис. 3).

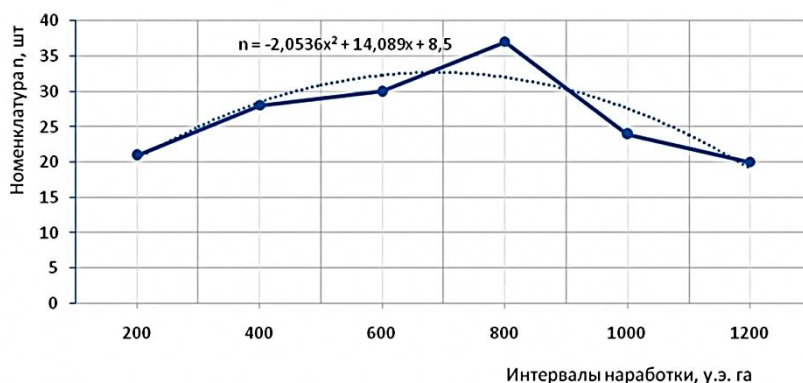


Рис. 3. Полиномиальная зависимость количества номенклатурных наименований заменяемых элементов от наработки в графическом виде

**Выводы.** Полученная зависимость количества номенклатурных наименований заменяемых элементов от наработки показывает, что наибольшее количество (не менее 59%)

номенклатурных наименований приходится на интервал наработки от 400 до 800 у.э.га. Причем пик (более 23%) расхода запасных частей лежит в районе наработки в 800 у.э.га.

Таблица 2

Результат расчета минимального числа наблюдаемых объектов (N) для плана [NMT] при доверительной вероятности ( $\gamma$ ) и относительной ошибке ( $\delta$ )

Наименование хозяйства	$\chi$ расч.	$\chi$	$\delta$	$\gamma$	N
ОАО «Плодопитомник»	77,30	88	0,1	0,8	25
СПК «Медяна»	53,908	56	0,15	0,8	11
Общее	131,21	116	0,2	0,95	32

С учетом объединения выборки тракторов по двум хозяйствам доверительная вероятность наблюдений составила 0,95, а относительная

ошибка не превышает 20% (табл. 2), что показывает высокую достоверность проведенных нами испытаний (наблюдений) [4, 8].

#### Литература

- ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. М. : Издательство стандартов, 1990. 32 с.
- Повышение эффективности использования машинно-тракторного парка путем совершенствования ремонтно-обслуживающих мероприятий / С. А. Доценко, А. В. Седов, А. П. Николаев, В. В. Иванов // Научные и инновационные разработки молодых ученых-аграриев : сборник трудов молодых ученых ФГБОУ ВПО «Нижегородская ГСХА» за 2014–2015 гг. / под общ. ред. А. Г. Самodelкина, Е. В. Дабаховой и А. А. Романова; Нижегородская с.-х. академия. Нижний Новгород, 2015. С. 100–101.
- Иванов В. В. Повышение безотказности тракторов путем оптимизации уровня технической эксплуатации : дис. ... канд. техн. наук. Нижний Новгород, 2005. 198 с.
- Исследование надежности тракторов семейства МТЗ: оптимальное количество и длительность наблюдений / В. В. Иванов, А. В. Седов, А. П. Николаев, Д. А. Косарев // Участие молодых ученых в решение актуальных вопросов АПК России : сборник статей Всероссийской научн.-практич. конф. / Пензенская ГСХА. Пенза : РИО ПГСХА, 2016. С. 10–12.
- Надежность и ремонт машин / В. В. Курчаткин, Н. Ф. Тельнов, К. А. Ачкасов [и др.]; под ред. В. В. Курчаткина. М. : Колос, 2000. 776 с.

6. Аллилуев В. А., Ананьин А. Д., Морозов А. Х. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка. М. : Агропромиздат, 1987. 304 с.
7. Надёжность технических систем / Е. А. Пучин, О. Н. Дидманидзе, П. П. Лезин [и др.]. М. : УМЦ «Триада», 2005. 353с.
8. РД 50-690-89. Методические указания. Надёжность в технике. Методы оценки показателей надёжности по экспериментальным данным. М. : Издательство стандартов, 1990.
9. Сковородин В. Я., Тишкин Л. В. Справочная книга по надёжности сельскохозяйственной техники. Л. : Лен-издат, 1985. 204 с., ил.
10. Harrington E. C. Chem. Engng. Progr. 1963. 42. № 59. P. 132 – 147
11. Harrington E.C. Industr. // Quality Control. 1965. Vol. 21, № 10. P. 494–498.
12. Lauton P. J., Foley A. G. Aluminio Tipped Spring Tine Point-Field Assessment. J. agric. Engug. Res. 1986. Vol. 34. № 2.
13. Motoren und Jetriebeolen. MTZ. № 1, Januar, 1980. p 12.
14. Tougher soil-wearing parts. «Power Farming», 1982. Vol.8. № 8. p. 40.

## THE RELIABILITY OF SYSTEMS AND COMPONENTS FOR TRACTORS MTZ OF THE FAMILY AND THE DISTRIBUTION OF FAILURE INTERVALS, DEVELOPMENTS

**V. V. Ivanov**, Cand. Eng. Sci., Associate Professor; **S. A. Dotsenko**, Assistant;  
**A. V. Sedov**, Post-Graduate Student; **A. P. Nikolayev**, Post-Graduate Student  
 Nizhny Novgorod State Agricultural Academy  
 97 Gagarin Pr., Nizhniy Novgorod, Russia 603107  
 E-mail: [vospitngsha2014@yandex.ru](mailto:vospitngsha2014@yandex.ru)

### ABSTRACT

The article presents the results of the analysis of spare capacity on elimination of failures of systems and aggregates tractors of the MTZ family of intervals of operating time. The studies were conducted in the ordinary operation of tractors of this family for 2014-2015 in two agricultural enterprises of the Nizhny Novgorod region, in the SEC «Copper» in Pilninskoe District and JSC «Plodopitomnik» Lyskovsky area. The methodology included the distribution of observed intervals tractors by developments from 200 to 1200 HRDS, for each of the intervals defined by the number of products replaced elements. A description of the distribution model when troubleshooting failures of spare parts group is represented in the paper. Polynomial dependence of the number of products of components of the developments was derived. Analysis of the dependence shows that the largest number (not less than 59%) products account for the interval of developments from 400 to 800 HRDS. Moreover, the peak (23%) consumption of spare parts is about developments in 800 HRDS. The association of a sample of tractors on two farms the confidence of observations was 0.95, and the relative error does not exceed 20% was given.

*Key words: reliability of systems and components, the failure distribution, the interval achievements.*

### References

1. GOST 27.002-89. Nadezhnost' v tehnikе. Osnovnye ponjatija. Terminy i opredelenija (Reliability in technique. Basic concepts. Terms and definitions), Moscow, Izdatel'stvo standartov, 1990.
2. Docenko S. A., Sedov A. V., Nikolaev A. P., Ivanov V. V. Povyshenie jeffektivnosti ispol'zovaniya mashinno-traktornogo parka putem sovershenstvovaniya remontno-obsluzhivajushhh meroprijatij (Improving the efficiency of use of machine and tractor fleet by improving the repair and maintenance activities), Nauchnye i innovacionnye razrabotki molodyh uchenyh-agrariyev, sbornik trudov molodyh uchenyh FGBOU VPO «Nizhegorodskaja GSHA» za 2014– 2015 gg., pod obshh. red. A. G. Samodelkina, E. V. Dabahovoj i A. A. Romanova, Nizhegorodskaja s.-h. akademiya, Nizhniy Novgorod, 2015, pp. 100–101.
3. Ivanov V. V. Povyshenie bezotkaznosti traktorov putem optimizacii urovnja tehnichejskoj jekspluacii (Increase of reliability of tractors by optimization of level of technical operation), dis. ... kand. tehn. nauk, Nizhniy Novgorod, 2005, 198 p.
4. Ivanov V. V., Sedov A. V., Nikolaev A. P., Kosarev D. A. Issledovanie nadezhnosti traktorov semejstva MTZ: optimal'noe kolichestvo i dlitel'nost' nabljudenij (Investigation of the reliability of tractors MTZ-family), Uchastie molodyh uchenyh v reshenie aktual'nyh voprosov APK Rossii, sbornik statej Vserossijskoj nauchn.-praktich. konf., Penzenskaja GSHA, Penza, RIO PGSHA, 2016, pp. 10–12.
5. Kurchatkin V. V., Tel'nov N. F., Achkasov K. A. et. al. Nadezhnost' i remont mashin (Reliability and repair of machines), pod red. V. V. Kurchatkina, Moscow, Kolos, 2000, 776 p.
6. Alliluev V. A., Anan'in A. D., Morozov A. H. Praktikum po jekspluacii mashinno-traktornogo parka (Workshop on exploitation of machine and tractor fleet), Moscow, Aгropromizdat, 1987, 304 p.

7. Puchin E. A., Didmanidze O. N., Lezin P. P., Lizunov E. A., Kravchenko I. N. Nadjozhnost' tehniceskikh sistem (Reliability of technical systems), Moscow, UMC «Triada», 2005, 353 p.
8. RD 50-690-89. Metodicheskie ukazaniya. Nadjozhnost' v tehnike. Metody ocenki pokazatelej nadjozhnosti po jeksperimental'nym dannym (Methodical instructions. Reliability in technique. Methods of reliability assessment according to the experimental data), Moscow, Izdatel'stvo standartov, 1990.
9. Skovorodin V. Ja., Tishkin L. V. Spravochnaja kniga po nadezhnosti sel'skohozjajstvennoj tehniki (Reference book on the reliability of agricultural machinery), Leningrad, Lenizdat, 1985, 204 p.
10. Harrington E. C. Chem. Engng. Progr., 1963, Vol. 42, No. 59, pp. 132 – 147.
11. Harrington E.S. Industr., Quality Control, 1965, Vol. 21, № 10, pp. 494–498.
12. Lauton P. J., Foley A. G. Aluminium Tipped Spring Tine Point-Field Assessment, J. agric. Engug. Res., 1986, Vol. 34, No. 2.
13. Motoren und Jetriebbeolen, MTZ, No. 1, Januar, 1980, p 12.
14. Tougher soil-wearing parts, «Power Farming», 1982, Vol.8, No. 8, p. 40.

УДК 631.353

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛОВ УСТАНОВКИ ВАЛЬЦОВ НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ВАЛЬЦОВОГО СТАНКА

**В. А. Одегов**, канд. техн. наук; **А. С. Комкин**, канд. техн. наук;

**В. В. Шилин**, канд. техн. наук,

ФГБОУ ВО Вятская ГСХА,

Октябрьский пр-т, 133, г. Киров, Россия, 610017

E-mail: [akomkin@yandex.ru](mailto:akomkin@yandex.ru)

*Аннотация.* Приведена схема установки бокового и нижнего вальцов двухступенчатого вальцового станка относительно горизонтали, проходящей через центр вращения верхнего (основного) вальца. На первоначальном этапе в результате серий однофакторных экспериментов, проведенных в Кировской области на зерне ячменя сорта Биос-1 влажностью 11,8%, была определена зона значений рационального угла положения от горизонтали бокового и нижнего вальцов, которая находилась в пределах 0...-5°. Определены интервалы варьирования факторами в дальнейших многофакторных экспериментальных исследованиях и получены адекватные модели регрессии, а также двумерные сечения поверхности отклика. Так, при углах установки бокового вальца  $\alpha_1 = -3^\circ \dots 0^\circ$  и нижнего  $\alpha_2 = -70^\circ$  достигается минимальное значение удельных энергозатрат  $q = 2,6 \dots 2,82$  кВт·ч/(т·ед.ст.пл.), а также сход с решета  $\varnothing 2,5$  мм 2,60...2,78% – при обеспечении максимальной пропускной способности  $Q=1$  т/ч и наименьшей энергоемкости  $\Xi=5,54$  кВт·ч/т.

*Ключевые слова:* двухступенчатое плющение, зерно, угол, вальцы, энергоемкость, удельные энергозатраты.

**Введение.** В технологиях возделывания и уборки сельскохозяйственных культур применяются различные подходы для повышения эффективности технологических процессов. С одной стороны, проектируют энергосберегающие мобильные МТА [1], с другой – новые стационарные машины для переработки собранного урожая. В частности, для зерновых культур до сих пор слабыми звеньями остаются переработка и хранение получаемого урожая (влажного зерна). Вместе с тем, из него можно получать дешевый концентрированный корм – плющенное зерно. Однако процесс

плющения достаточно энергоемок, и одним из направлений его совершенствования является повышение его стадийности – двухступенчатое плющение [2].

Многими исследованиями установлено, что в технологии измельчения различного вида кормов рабочий процесс линий, организованных в несколько ступеней, позволяет снизить энергозатраты на процессы и улучшить качество готового продукта [3]. Создаются новые конструкции двухступенчатых вальцовых станков (а на их основе – плющилок) [4, 5], и даже предлагается одновременное с плющени-