



Научная статья

2.6.11 – Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов (технические науки)
УДК 678.074

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.03.045



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ КАМЕР В АО «ПО «АЛТАЙСКИЙ ШИННЫЙ КОМБИНАТ»

Данил Дементьевич Ефрюшин ¹, Афонина Наталья Владимировна ²,
Радченко Роман Николаевич ³

¹ Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

^{2, 3} АО «ПО «Алтайский шинный комбинат», г. Барнаул, Россия

^{1, 2, 3} dsibh@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается актуальная проблема повышения эффективности и качества производства пневматических камер для крупногабаритных шин на предприятии АО «ПО «Алтайский шинный комбинат». Проведен анализ существующего технологического процесса с использованием червячного пресса горячего питания МЧТ-400, выявлены его ключевые недостатки: загрязненность резиновой смеси, нестабильная толщина стенки заготовки и низкая дисперсия компонентов, что приводит к повышенному браку и перерасходу сырья. В качестве решения предложена модернизация производства путем замены экструдера на машину холодного питания МЧХ-250. Обоснованы технологические преимущества данного перехода, включая улучшение однородности смеси, стабилизацию геометрических параметров заготовки и снижение количества посторонних включений. Приведен расчет экономической эффективности, показывающий, что внедрение нового оборудования позволит снизить массу каждой камеры в среднем на 1,75 кг и достичь годовой экономии в размере 24,68 млн рублей при сроке окупаемости проекта 8 месяцев. Делается вывод о том, что модернизация способствует значительному повышению конкурентоспособности продукции за счет снижения материалоемкости и улучшения качества готовых изделий.

Ключевые слова: технология переработки резин, экструзия, червячный пресс холодного питания, пневматические камеры, крупногабаритные шины, материалоемкость, экономическая эффективность, качество продукции, МЧХ-250, МЧТ-400.

Для цитирования: Ефрюшин Д. Д., Афонина Н. В., Радченко Р. Н. Совершенствование технологического процесса производства автомобильных камер в АО «ПО «Алтайский шинный комбинат» // Ползуновский вестник. 2025. № 3, С. 257–261. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.03.045. EDN: <https://elibrary.ru/CBAECU>.

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF CAR TUBES PRODUCTION AT AO “INDUSTRIAL GROUP “ALTAYSKIY SHINNY KOMBINAT”

Danil D. Efryushin ¹, Natalia V. Afonina ², Roman N. Radchenko ³

¹ Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

^{2, 3} AO “Industrial Group “Altayskiy Shinny Kombinat”, Barnaul, Russia

^{1, 2, 3} dsibh@mail.ru

Abstract. The paper addresses the current problem of increasing the efficiency and quality of pneumatic tubes production for large-size tires at AO “Industrial Group “Altayskiy Shinny Kombinat”. The analysis of the existing technological process using a hot-feed screw press MChT-400 identified its key disadvantages: contamination of the rubber mixture, unstable wall thickness of the workpiece and low dispersion of components, which leads to increased defects and excess consumption of raw materials. As a solution, the researcher proposes a modernization of production by replacing the extruder with a cold feed machine MChKh-250. The technological advantages of this transition are substantiated, including improved homogeneity of the mixture, stabilization of the geometric parameters of the workpiece and a decrease in the number of foreign inclusions. The calculation of economic efficiency is given, showing that the introduction of new equipment will reduce the weight of each chamber by an average of 1.75 kg and achieve annual savings of 24.68 million rubles with a project payback period of 8 months. In conclusion, the modernization contributes to a significant increase in the competitiveness of products due to a decrease in material consumption and an improvement in the quality of finished products.

Keywords: rubber processing technology, extrusion, cold-feed worm press, pneumatic tubes, large-size tires, material consumption, economic efficiency, product quality, MChKh-250, MChT-400

© Ефрюшин Д. Д., Афонина Н. В., Радченко Р. Н., 2025

For citation: Efryushin, D.D., Afonina, N.V. & Radchenko, R.N. (2025). Improvement of technological process of car tubes production at AO "Industrial Group "Altayskiy Shinnyy Kombinat". Polzunovskiy vestnik, (3), 257-261. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2025.03.045. EDN: <https://elibrary.ru/CBAECU>.

ВВЕДЕНИЕ

Пневматические камеры являются неотъемлемой частью конструкции различных видов шин, применяемых в разнообразной технике. С каждым годом динамика развития шинного производства значительно возрастает, что требует обеспечения высокого качества выпускаемой продукции.

Автомобильные камеры выполняют важную функцию в пневматической шине, обеспечивая герметичность и прочность конструкции. Недостаточное растяжение камеры при поддуве может привести к утонению стенок и образованию складок, что негативно сказывается на надежности и долговечности изделия. Поэтому оптимальные габариты камерной заготовки играют ключевую роль в производственном процессе.

Производство камер осуществляется путем шприцевания резиновой смеси на червячном прессе, после чего сформированный рукав нарезается на заготовки необходимой длины, на которые устанавливаются вентили. Заготовки проходят этапы стыковки концов, формования на шаблонах и вулканизации в индивидуальных вулканизаторах. Готовые камеры подвергаются проверке на герметичность и качество, после чего направляются в цех комплектации для дальнейшего использования в шинной продукции [1].

Шприцевание – метод, не заменимый в современной шинной промышленности. Контроль параметров процесса, таких как температура, давление и скорость подачи, обеспечивает высокое качество продукции и стабильность технологического процесса.

Таким образом, шприцевание резиновой смеси на червячном прессе горячего питания представляет собой эффективный и надежный способ формирования резиновых заготовок с заданными геометрическими и физико-механическими свойствами [2–4].

Для повышения производительности труда на производстве важно применять современные технологические решения и оптимизировать технологические процессы:

1. Использование червячного пресса холодного питания для шприцевания резиновой смеси обеспечивает более стабильное качество и однородность изделий. Это достигается за счет более щадящего режима нагрева, что снижает вероятность брака и повышает качество продукции. Такой подход позволяет поддерживать постоянство скорости продвижения и давления шприцуемой смеси, что критично для получения изделий с высокими эксплуатационными характеристиками.

2. Внедрение современных технологий изготовления пневматических камер и тщательный контроль качества на всех этапах производства способствует повышению эксплуатационных характеристик шин и безопасности техники. Это снижает количество дефектов и увеличивает срок службы продукции, что напрямую влияет на производительность труда за счет уменьшения затрат времени на переделки и рекламации.

3. Правильный выбор системы питания экструдера позволяет повысить качество готовых изделий, снизить уровень брака и улучшить эксплуатационные свойства продукции. Это способствует более эффективному использованию оборудования и снижению

потерь сырья, что увеличивает общую производительность производства.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Ездовая камера представляет собой тонкостенную резиновую полую трубку круглой или эллипсной формы, служащей для удержания необходимого давления воздуха в шине.

Основные размеры камеры – наружный и внутренний диаметры и диаметр трубки зависят от размеров шины, типа шины и размеров обода. Толщина стенки камер для крупногабаритных шин (КГШ) обычно составляет 3–5 мм.

Профили камеры обычно делают несколько меньше внутреннего профиля покрышки для облегчения монтажа и предотвращения защемления стенки камеры бортами покрышки. Периметр сечения камеры в ненадутом состоянии на 10 % меньше периметра в надутом состоянии внутри шины.

При эксплуатации камера испытывает постоянное натяжение, что усложняет ее условия работы. Так как при наполнении воздухом камеры, помещенной в покрышку, беговая часть ее растягивается и бандажная часть сжимается, то толщина камеры по беговой части обычно делается на 1 мм больше по сравнению с бандажом.

К камерам для крупногабаритных шин предъявляют следующие требования:

1. Воздухонепроницаемость.
2. Эластичность и минимальная разнашиваемость.
3. Прочность.
4. Стойкость к атмосферным условиям, морозостойкость и теплостойкость;
5. Равномерность растяжения под действием сжатого воздуха [2].

Составной частью камеры является вентиль, позволяющий накачивать камеру воздухом, регулировать внутреннее давление, герметизировать камеру и выпускать воздух из нее [1–4].

Классический технологический процесс производства камер для крупногабаритных шин включает следующие стадии:

- 1) подготовку компонентов резиновой смеси;
- 2) изготовление резиновых смесей;
- 3) разогрев резиновой смеси на питательных вальцах;
- 4) изготовление камерного рукава;
- 5) стыковку;
- 6) вулканизацию камеры [5, 6].

Текущий технологический процесс, используемый на АО «ПО «Алтайский шинный комбинат», подразумевает использование системы горячего питания с применением экструдера МЧТ-400. При горячем питании резиновая смесь предварительно нагревается перед подачей в червячный пресс, что способствует более равномерному и быстрому разогреву материала в процессе экструзии. Это улучшает пластичность смеси, облегчает формование и снижает внутренние напряжения в изделии, что положительно сказывается на однородности структуры и физических свойствах готовых заготовок. Однако чрезмерный нагрев может привести к преждевременной вулканизации или ухудшению некоторых характеристик резины,

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ КАМЕР В АО «ПО «АЛТАЙСКИЙ ШИННЫЙ КОМБИНАТ»

поэтому температурный режим должен строго контролироваться.

Основными недостатками действующей технологии являются:

1. Загрязнённость резиновой смеси, наличие посторонних включений приводит к появлению брака готовой продукции, в том числе окончательному. Это негативно сказывается на конкурентоспособности продукции, снижая её качество и увеличивая затраты на переработку или утилизацию дефектных изделий.

2. Нестабильная толщина стенки автокамерной (а/к) заготовки, что напрямую влияет на перерасход резиновой смеси. В результате экономический эффект от производства камерных заготовок снижается, так как расход сырья значительно превышает нормативные показатели. Это ведёт к увеличению массы готовой автокамерной заготовки и комплекта шины, что негативно отражается на себестоимости продукции и её эксплуатационных характеристиках.

3. Низкая дисперсия компонентов вулканизирующей группы в резиновой смеси, что ухудшает качество самой смеси, снижая её однородность и, как следствие, эксплуатационные свойства готовых изделий. Это также может привести к снижению долговечности и надёжности готовой камеры.

Таким образом, устранение указанных недостатков является ключевым направлением для повышения качества продукции, снижения производственных затрат и укрепления позиций на рынке.

На основании анализа текущего состояния оборудования и выявленных недостатков действующей технологии можно предложить следующие решения:

1. Для снижения загрязнённости резиновой смеси необходимо улучшить систему фильтрации и очистки сырья перед подачей в экструдер. Замена экструдера МЧТ-400 на более современный МЧХ-250 позволит обеспечить более стабильный и контролируемый процесс шприцевания, что снизит вероятность попадания посторонних включений в смесь.

2. Экструдер МЧТ-400 не обеспечивает необходимого уровня стабильности технологического процесса, что приводит к колебаниям толщины стенок заготовок. Использование экструдера МЧХ-250 с улучшенными техническими характеристиками позволит добиться более равномерной и стабильной толщины стенок автокамерных заготовок. Это, в свою очередь, снизит материалоемкость изделий и уменьшит производственные потери, позволит увеличить производительность.

3. Для повышения дисперсии компонентов вулканизирующей группы рекомендуется оптимизировать параметры работы экструдера, такие как температуру, скорость шнека и давление. Экструдер МЧХ-250 благодаря своей конструкции и современным техническим решениям обеспечивает более равномерное смешивание и распределение компонентов, что улучшит качество вулканизации и конечных свойств резиновой смеси.

На основании выявленных проблем с качеством продукции и отсутствием перспектив снижения материалоемкости при использовании экструдера МЧТ-400, целесообразно заменить его на экструдер МЧХ-250. Это позволит улучшить качество резиновой смеси за счёт снижения загрязнённости и повышения дисперсии компонентов вулканизирующей группы, обеспечить стабильную и равномерную толщину стенок автокамерных заготовок, снизить материалоемкость изделий и уменьшить производственные потери.

Внедрение экструдера МЧХ-250 станет эффективным шагом к модернизации технологического процесса и повышению качества выпускаемой продукции. Обновленный технологический процесс включает в себя следующие стадии:

- 1) подготовку компонентов резиновой смеси;
- 2) изготовление резиновых смесей;
- 3) изготовление камерного рукава;
- 4) стыковку;
- 5) вулканизацию камеры.

Внедрение предложенных современных технологических решений на производстве резиновых изделий и пневматических камер оказывает комплексное положительное влияние на все ключевые аспекты производственного процесса и конечного качества продукции:

1. Повышение качества продукции и снижение брака: настройка технологических параметров (температуры вулканизации, времени прессования, состава резиновой смеси) позволяет получать изделия с более однородной структурой и улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Использование дополнительной фильтрующей сетки эффективно предотвращает попадание посторонних включений в резиновую массу, что значительно снижает количество дефектов и повышает надежность автокамер.

2. Оптимизация использования оборудования и сырья: снижение толщины стенки заготовок приводит к уменьшению расхода резинового сырья на каждую автокамеру, что снижает материалоемкость производства и себестоимость изделий.

Автоматизация и модернизация оборудования позволяют повысить точность дозировки и смешивания компонентов, минимизирует отходы и перерасход материалов.

Рациональное планирование производственных циклов и внедрение систем мониторинга сокращают время простоя оборудования и увеличивают его загрузку.

3. Снижение трудозатрат и увеличение выпуска продукции: внедрение автоматизированных линий и современных прессов сокращает ручной труд, снижая утомляемость и вероятность ошибок оператора.

4. Увеличение конкурентоспособности и устойчивое развитие предприятия: снижение себестоимости продукции за счет оптимизации расхода сырья и повышения производительности труда позволяет предлагать конкурентные цены на рынке.

Улучшение качества и надежности изделий формирует положительную репутацию бренда, что привлекает новых клиентов и удерживает существующих.

Экологическая эффективность производства (меньше отходов, рациональное использование ресурсов) способствует устойчивому развитию и соответствует современным требованиям рынка и законодательства.

Комплексный подход, сочетающий технические инновации и организационные меры, является ключом к повышению производительности труда и конкурентоспособности современного производства резиновых изделий и пневматических камер. Внедрение таких решений позволяет не только улучшить качество и снизить издержки, но и обеспечить устойчивое развитие предприятия в долгосрочной перспективе.

Внедрение данного решения позволит снизить объем брака, уменьшить материальные потери на производстве [7]. Расчет экономической эффективности внедрения МЧХ-250 представлен в таблице 1.

Таблица 8 – Расчет экономической эффективности внедрения МЧХ-250

Table 8 – Calculation of the economic efficiency of the implementation of the MCH-250

№ п/п	Размер	Толщина по ККТ, мм		Масса по ККТ, кг	Масса после снижения, кг	Годовой бизнес-план, шт	Затраты на производство камер до снижения, тыс. руб.	Затраты на производство камер после снижения, тыс. руб.	Изменение затрат на производство камер от внедрения МЧХ-250, тыс. руб.
1	18,4-24	6,00	3,80	12,72	11,45	4761	9175,43	8257,89	917,54
2	1300*530-533	7,30	5,20	14,90	13,41	1316	2970,87	2673,78	297,09
3	1200*500-508	6,80	4,00	10,26	9,23	6451	10028,03	9025,23	1002,80
4	16,00-20	8,00	4,50	12,65	11,39	87	166,74	150,07	16,67
5	21,3-24	6,20	4,10	13,24	11,92	17070	34242,29	30818,06	3424,22
6	16,00-24	4,80	3,10	9,77	8,79	6088	9011,78	8110,60	901,18
7	16,9-28/18,4-26/16,9-24	5,20	3,80	9,92	8,93	1019	1531,53	1378,38	153,15
8	17,5-25	4,20	3,40	8,74	7,87	8884	11764,17	10587,75	1176,41
9	20,5-25	6,20	3,80	13,92	12,53	4013	8463,49	7617,14	846,35
10	18,00-25	6,20	4,10	14,30	12,87	3136	6794,43	6114,99	679,44
11	23,5-25	6,70	3,90	17,25	15,53	5067	13242,84	11918,56	1324,28
12	26,5-25	5,00	4,00	16,15	14,54	0	0,00	0,00	0,00
13	28,1-25	9,40	6,00	28,63	25,77	2468	10705,52	9634,97	1070,55
14	23,1-26	6,70	3,90	16,80	15,12	6144	15638,74	14074,87	1563,87
15	28,1-26	9,00	4,70	25,22	22,70	11024	42123,61	37911,25	4212,36
16	30,5L-32	7,50	5,50	29,58	26,62	10151	45493,39	40944,05	4549,34
17	18,4-34	5,50	3,70	13,06	11,75	1272	2516,93	2265,23	251,69
18	16,9-38	5,20	3,60	14,02	12,62	4008	8513,67	7 662,31	851,37
19	710/70-38(620/70-42)	6,30	4,30	27,58	24,82	3382	14132,18	12718,96	1413,22
20	600/55-26,5	6,20	5,30	18,10	16,29	72	197,45	177,70	19,74
21	750/55-26,5	6,30	5,30	22,53	20,28	0	0,00	0,00	0,00
22	710-42	6,30	5,00	34,73	31,26	14	73,67	66,30	7,37
23	Итого			384,07	345,66	96427	24678,79	222108,11	24678,68

Стоимость 1 кг резиновой смеси 5БР-12-21 составляет 151,51 рублей. В среднем масса каждой камеры после внедрения новой технологии снижается на 1,75 кг. До внедрения мероприятия материальные затраты на выпуск заготовок составляли 246 786 790,78 рублей в год, после внедрения они сократились до 222 108 111,70 рублей в год. Таким образом, экономический эффект от реализации решения составляет 24 678 679,08 рублей в год. Это подтверждает высокую эффективность предложенных мер и их положительное влияние на производственные показатели и финансовые результаты предприятия.

Стоимость приобретения машины холодного питания порядка 14 000 000 руб.; стоимость монтажа оборудования – 500 000 руб.

Срок окупаемости 8 месяцев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы была проведена комплексная оценка технологических особенностей и преимуществ перехода с червячных машин теплового типа на червячные машины холодного питания в производстве камер для крупногабаритных шин. Установлено, что червячные машины холодного питания обеспечивают более интенсивную обработку резиновых смесей, что способствует улучшению качества готовой продукции и повышению производительности производства.

Использование экструдера холодного питания с более современными техническими характеристиками обеспечило улучшение качества продукции за счет более стабильного и контролируемого процесса шприцевания.

Это позволило повысить надежность и однородность выпускаемых камер, что является важным фактором для конкурентоспособности продукции на рынке.

Оптимизация технологического процесса за счет внедрения червячных машин холодного питания позволяет снизить энергозатраты и повысить степень механизации и автоматизации производства, что ведет к уменьшению времени цикла и снижению издержек. Кроме того, применение червячных машин холодного питания способствует улучшению гомогенизации резиновых смесей и уменьшению риска дефектов, что особенно важно для обеспечения высокого качества камер для крупногабаритных шин.

Внедрение камерного агрегата холодного питания МЧХ-250 представляется перспективным решением, позволяющим повысить качество продукции, снизить материалоемкость и оптимизировать производственные процессы.

Снижение материалоемкости автомобильных камер способствует:

- 1) существенному сокращению производственных затрат за счет уменьшения расхода материалов, что напрямую снижает себестоимость продукции;
- 2) повышению рентабельности и прибыли предприятия благодаря экономии на сырье и материалах;
- 3) уменьшению отходов и брака, что дополнительно снижает затраты, повышает качество продукции и увеличивает производительность труда;
- 4) оптимизации использования материально-технической базы и ресурсов, что способствует более

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ КАМЕР В АО «ПО «АЛТАЙСКИЙ ШИННЫЙ КОМБИНАТ»

эффективной работе предприятия и снижению затрат на ремонт и обслуживание;

5) возможности повышения конкурентоспособности продукции за счет снижения отпускной цены при сохранении качества;

6) сокращению финансовых рисков и улучшению финансового состояния предприятия.

В результате перехода на червячные машины холдного питания достигается повышение стабильности технологического процесса, улучшение эксплуатационных характеристик изделий и снижение экологической нагрузки за счет более герметичной и чистой работы оборудования.

В результате реализуемого проекта предполагается обеспечить выпуск камерных заготовок с уменьшенной толщиной стенки. Дополнительная очистка резиновой смеси фильтрующей сеткой во время шприцевания заготовок поможет снизить количество посторонних включений и заваров резиновой смеси. За счет снижения материалоемкости камерных заготовок произойдет снижения материальных затрат на производство автокамер.

Таким образом, снижение материалоемкости является важным фактором повышения экономической эффективности производства автомобильных камер, обеспечивая значительную экономию и улучшение качества продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Аверко-Антонович Ю.О. Технология резиновых изделий / Ю.О. Аверко-Антонович, Р.Я Омельченко, Н.А. Охотин ; под ред. П.А. Кирпичникова. Ленинград : Химия, 1991. 352 с.
- 2.Андрашков Б.И. Машины и аппараты резиновых производств / Б.И. Андрашков, Л.М. Антонов, Д.М. Барсков. Москва : Химия, 1973. 456 с.
- 3.Любартович С.А. Изготовление резиновых профилей / С.А. Любартович. Ленинград : Химия, 1987. 112 с.
4. Кошелев Ф.Ф., Корнев А.Е., Буканов А.М. Общая технология резины / Ф.Ф. Кошелев, А.Е. Корнев, А.М. Буканов. Москва : Химия, 1978. 528 с.
5. Технологическая инструкция для машиниста агрегата на базе МЧТ-400 автокамерного цеха АО ПО "Алтайский шинный комбинат".

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 19 ноября 2024; одобрена после рецензирования 24 июня 2025; принята к публикации 10 июля 2025.

The article was received by the editorial board on 19 Nov 2024; approved after editing on 24 June 2025; accepted for publication on 10 July 2025.

6.Осошник И.А. Технология пневматических шин : учеб. пособие / И.А. Осошник, О.В. Карманова, Ю.Ф. Шутилин. Воронеж : Воронежская государственная технологическая академия, 2004. 507 с.

7.Карта конструкторская технологическая. Барнаул, АО ПО "Алтайский шинный комбинат", 2025. 6 с.

Информация об авторах

Д. Д. Ефрюшин – к.х.н., доцент кафедры «Химическая технология» АлтГТУ;

Н. В. Афонина – ведущий инженер-конструктор АО «ПО «Алтайский шинный комбинат»;

Р. Н. Радченко – главный конструктор АО «ПО «Алтайский шинный комбинат».

REFERENCES

1. Averkko-Antonovich, Yu.O., Omelchenko, R.Ya., Okhotin, N.A. (1991). Technology of Rubber Products. Ed. by P.A. Kirpichnikov. Leningrad: Khimiya, 352 p.
2. Andrashkov, B.I., Antonov, L.M., Barskov, D.M. (1973). Machines and Apparatuses of Rubber Production. Moscow : Khimiya, 456 p.
3. Lyubartovich, S.A. (1987). Manufacture of Rubber Profiles. Leningrad: Khimiya, 112 p.
4. Koshelev, F.F., Kornev, A.E., Bukanov, A.M. (1978). General Rubber Technology. Moscow : Khimiya, 528 p.
5. Technological Instruction for the Machine Operator of the Unit Based on MChT-400 of the Auto-Curing Shop of JSC PO "Altai Shiny Kombinat".
6. Ososhnik, I.A. Karmanova, O.V. Shutilin, Yu.F. (2004). Technology of Pneumatic Tires: Textbook / I.A. Ososhnik. Voronezh : Voronezh State Technological Academy, 2004. 507 p.
7. Technological Design Chart. Barnaul. (2025). JSC PO "Altai Shiny Kombinat", 2025. 6 p.

Information about the authors

D.D. Efryushin - Cand. Sci. (Chem.), Associate Professor of the Department of "Chemical Technology", Polzunov Altai State Technical University;

N.V. Afonina - Lead Design Engineer, AO "Industrial Group "Altai Shiny Kombinat";

R.N. Radchenko - Chief Designer, AO "Industrial Group "Altai Shiny Kombinat".