

# АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

УДК 65.011.56

М.П. МАСЛАКОВ

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ СОСТАВЛЕНИЯ (ПРИГОТОВЛЕНИЯ) СТЕКОЛЬНОЙ ШИХТЫ

*Рассмотрены вопросы автоматизации управления составлением (приготовлением) шихты на предприятиях стекольной промышленности. Разработана структурная схема единой автоматизированной системы управления технологическим процессом составления шихты. Построены сети Петри для отдельных этапов технологического процесса составления шихты. Разработана сеть Петри для всего технологического процесса составления шихты.*

**Ключевые слова:** система управления составлением шихты; моделирование сетями Петри; моделирование технологического процесса.

Технологический процесс составления (приготовления) стекольной шихты можно разделить на три этапа:

1. Заготовка сырьевых материалов (ЗСМ);
2. Дозирование обработанных сырьевых материалов (ОСМ);
3. Смешивание ОСМ.

На сегодняшний день не существует единой (комплексной) автоматизированной системы управления, которая объединяла бы все три этапа технологического процесса приготовления шихты. Рассмотрим структурную схему системы управления технологическим процессом приготовления шихты, на примере ОАО «Иристонстекло» РСО-Алания г. Владикавказ (рис.1).

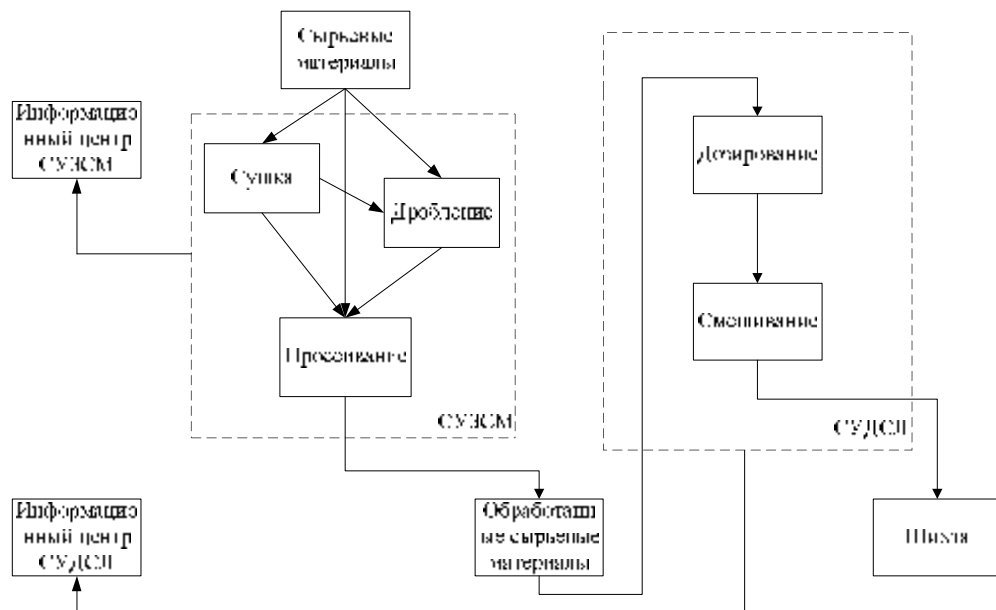


Рисунок 1 – Структурная схема системы управления приготовлением шихты

Данная структурная схема системы управления технологическим процессом приготовления шихты, включающим в себя основные операции – сушка, дробление,

просеивание для сырьевых материалов и дозирование, смешивание – для обработанных сырьевых материалов [2]. В данной системе управления технологическим процессом составления шихты (ТПСШ) этап обработки сырьевых материалов имеет свою систему управления, а также и этап дозирования и смешивания – у него своя система управления (СУДСЛ). Две системы управления СУЗСМ (система управления заготовкой сырьевых материалов) и СУДСЛ (система управления дозирочно-смесительной линией) – это отдельно функционирующие системы, события (операции), происходящие в них, не взаимосвязаны, нет единого контролирующего органа, аварийные ситуации, произошедшие в одной системе, приводящие к ее останову, никак не влияют на работу другой. Основные проблемы при таком роде управления – это либо нехватка сырьевых материалов на этапе дозирования и смешивания, либо слеживание сырьевых материалов из-за избыточности их заготовки. Поэтому целесообразнее и выгоднее использовать единую систему управления всем технологическим процессом приготовления шихты, а не отдельно его этапами, с целью непосредственного контроля наполняемости бункеров (рис. 2).

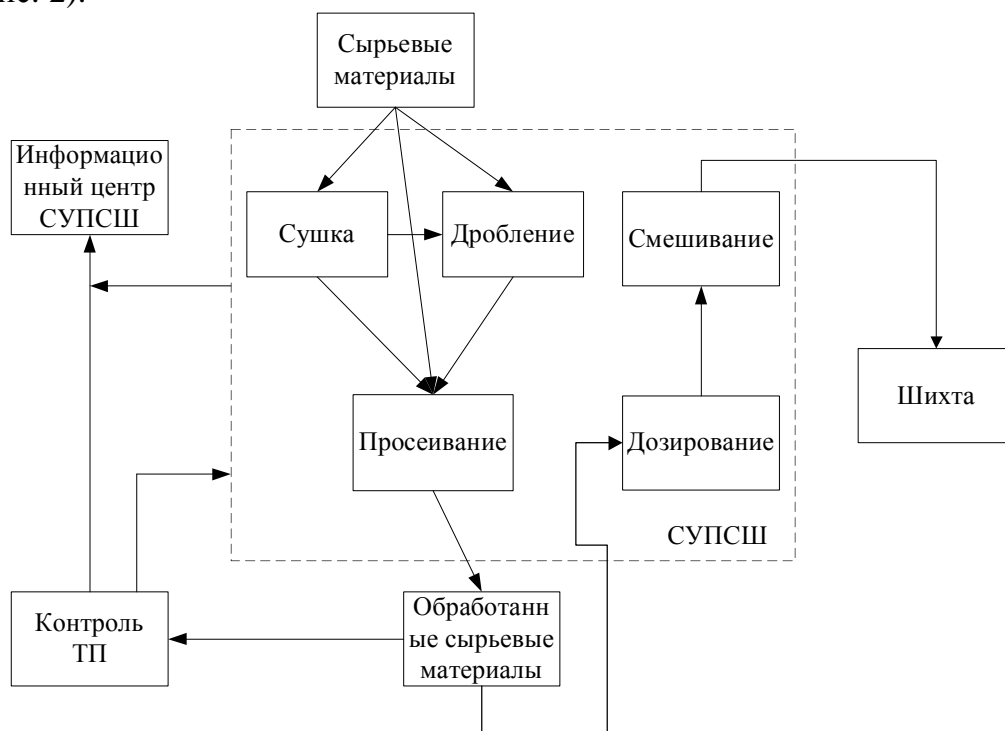


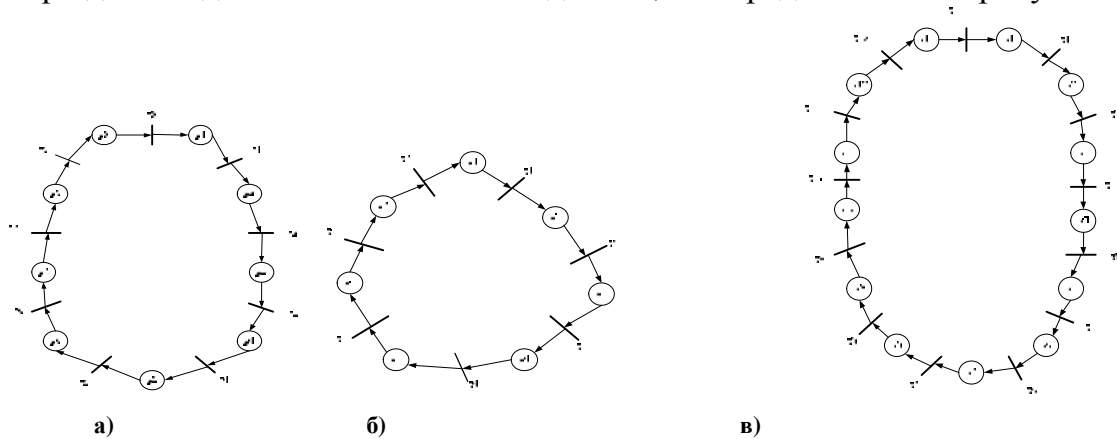
Рисунок 2 – Структурная схема единой АСУ ТП составления (приготовления) шихты

Из данной структурной схемы видно, что все операции технологических этапов приготовления шихты охвачены единой АСУТП составления (приготовления) шихты (СУПСШ). В разработанной АСУТП предусмотрен единый контролирующий орган, осуществляющий наблюдение за наполняемостью бункеров в соответствии с рецептурой на отвесы. Аварийные ситуации в какой-либо технологической операции вызывают цепную реакцию останова взаимосвязанного оборудования процесса в последующей и предыдущей операциях, если нет запаса сырья, для продолжения приготовления шихты. Слеживание компонентов в данной СУ исключается за счет того, что заготавливается столько сырьевого материала, сколько необходимо для нормальной работы СУДСЛ.

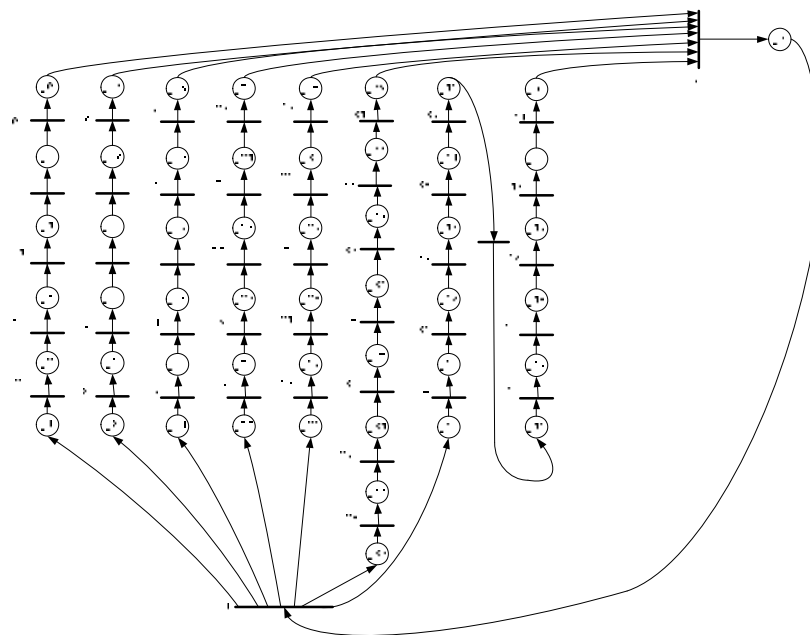
Используя структурную схему единой автоматизированной системы управления технологическим процессом приготовления шихты, аппарат сетей Петри

[1] и сам технологический процесс приготовления (его операции), который используется на стекольном заводе ОАО «Иристонстекло», разработаем сеть Петри для единой системы управления технологическим процессом составления шихты.

Изначально построим сети Петри для заготовительного этапа технологического процесса приготовления шихты. Этот этап включает заготовку семи сырьевых материалов (песок, мел, доломит, сода, глинозем, содосульфатная смесь, селитра). Сети Петри для каждого компонента выглядят так, как представлено на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Сеть Петри для заготовки сырьевых материалов**  
 а) – для песка, глинозема, селитры, сульфатно-содовой смеси, мела;  
 б) – для соды; в) – для доломита



**Рисунок 4 – Сеть Петри заготовительного этапа составления (приготовления) шихты**

На рисунке 3(а) – типовая сеть Петри для процесса заготовки песка, глинозема, селитры, сульфатно-содовой смеси, мела; они имеют одинаковое количество позиций и переходов, конечно значение для каждого сырья позиций и переходов свои. На рисунке 3(б) – сеть Петри для процесса заготовки соды, (в) – для доломита.

Все процессы заготовки сырьевых материалов асинхронные и осуществляются параллельно друг другу для уменьшения времени на заготовку. Единственное, что их объединяет – это то, что они влияют на 2-ой этап приготовления шихты (дозирование), а точнее на наполняемость бункеров ОСМ, из которых происходит

дозирование СМ. Используя сети Петри, представленные на рисунке 3, выделив сопряженные состояния (в модели (а) это позиция р9, в (б) – это р7, а в (в) – это р13.), строим сеть Петри для всего заготовительного этапа технологического процесса приготовления шихты (рис.4). Сеть Петри заготовительного этапа приготовления шихты, представленная на рисунке 4, включает в себя одновременную заготовку семи сырьевых материалов.

Для построения сети Петри дозирования и смешивания обработанных сырьевых материалов воспользуемся технологией работы дозирочно-смесительной линии Составного цеха №2 ОАО «Иристонстекло», представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Технология дозирования сырьевых материалов (компонентов) в Составном цехе №2 ОАО «Иристонстекло», г. Владикавказ

Номер дозатора	Компонент	Очередность выгрузки (группировка)
1	песок	1
2	песок	1-1
3	глинозем	2
4	сода	2,3-1
5	доломит	1-1-1
6	селитра	2,3-1
7	сульфат	2,3-1
8	мел	3
9	мелкие добавки	1-2

В таблице 1 представлена очередность выгрузки компонентов шихты из дозаторов или же очередность загрузки компонентов шихты в смеситель, необходимая для получения шихты с требуемыми характеристиками (однородность, влажность, хим. состав). Сеть Петри для этапов дозирования и смешивания обработанных сырьевых материалов представлена на рисунке 5. При ее разработке также использовались принципы параллельной работы дозаторов для уменьшения времени на приготовление отвеса шихты.

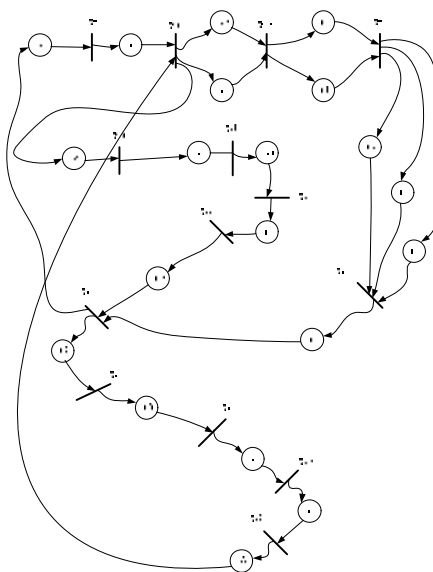
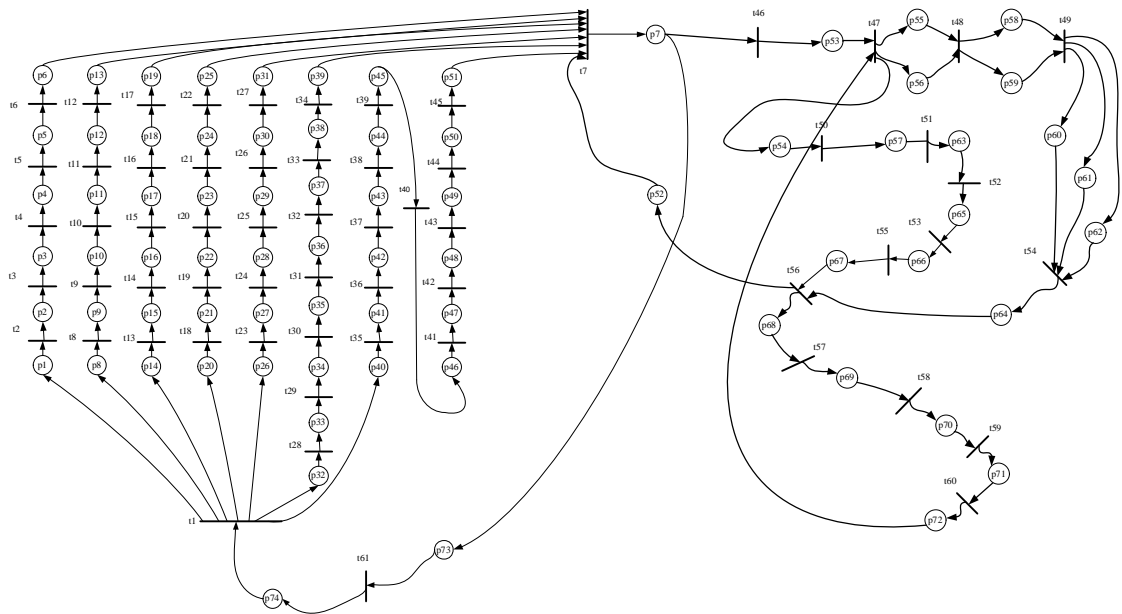


Рисунок 5 – Сеть Петри для этапов дозирования и смешивания ОСМ

Далее, объединив сеть Петри ЗСМ с сетью Петри для дозирования и смешивания ОСМ, получаем сеть Петри единой АСУ ТП составления (приготовления) шихты, которая позволит контролировать и управлять всеми этапами и их процессами приготовления шихты, сократит простои оборудования, уменьшит брак и аварийные ситуации из-за несогласованности систем управления различных этапов. Модель такой АСУ технологическим процессом приготовления шихты представлена на рисунке 6.

Описание состояний и переходов моделей, представленных на рисунках 4, 5 и 6, представлено в таблице 2.



**Рисунок 6 – Сеть Петри технологического процесса составления шихты от заготовки до складирования**

Таблица 2 – Описание состояний и переходов моделей на сетях Петри, представленных на рисунках 4, 5 и 6

Позиция	Переход
1	2
P1 – осуществляется загрузка песка в сушильный барабан	t1 – загрузка начата
P2 – ожидание сушки песка	t2 – окончание загрузки
P3 – осуществляется сушка песка	t3 – сушка начата
P4 – сушка окончена, ожидание выгрузки	t4 – окончание сушки
P5 – осуществляется выгрузка	t5 – выгрузка начата
P6 – выгрузка в БЗМ окончена, ожидание дозирования	t6 – выгрузка окончена
P8 – осуществляется загрузка на сито	t7 – дозирование начато
P9 – загрузка окончена, ожидание просеивания	t8 – окончание загрузки
P10 – осуществляется просеивание	t9 – просеивание начато
P11 – просеивание окончено, ожидание загрузки в БЗМ	t10 – окончание просеивания
P12 – осуществляется загрузка	t11 – загрузка начата

Продолжение таблицы 2

1	2
P13 – загрузка окончена, ожидание дозирования	t12 – окончание загрузки
P32 – осуществляется загрузка соды в дробилку	t28 – окончание загрузки
P33 – конец загрузки, ожидание дробления	t29 – дробление начато
P34 – осуществляется дробление	t30 – окончание дробления
P35 – дробление окончено, ожидание просеивания	t31 – просеивание начато
P36 – осуществляется просеивание	t32 – окончание просеивания
P37 – просеивание окончено, ожидание загрузки в БЗМ	t33 – загрузка в БЗМ начата
P38 – осуществляется загрузка в БЗМ	t34 – окончание загрузки в БЗМ
P39 – загрузка окончена, ожидание дозирования	t35 – окончание загрузки
P40 – осуществляется загрузка в дробилку	t36 – дробление начато
P41 – загрузка окончена, ожидание дробления	t37 – окончание дробления
P42 – осуществляется дробление	t38 – просеивание начато
P43 – дробление окончено, ожидание просеивания	t39 – окончание просеивания
P44 – осуществляется просеивание	t40 – мелкое дробление начато
P45 – просеивание окончено, ожидание дробления мелкого доломита	t41 – окончание мелкого дробления
P46 – осуществляется мелкое дробление	t42 – просеивание начато
P47 – дробление окончено, ожидание просеивания	t43 – окончание просеивания
P48 – осуществляется просеивание	t44 – загрузка начата
P49 – просеивание окончено, ожидание загрузки в БЗМ	t45 – окончание загрузки в БЗМ
P50 – осуществляется загрузка в БЗМ	t13 – окончание загрузки в протирающее устройство
P51 – окончена загрузка, ожидание дозирования	t14 – протирка начата
P14 – осуществляется загрузка в протирающее устройство селитры	t15 – окончание протирки
P15 – окончена загрузка, ожидается протирка	t16 – загрузка в БЗМ начата
P16 – осуществляется протирка	t17 – окончание загрузки
P17 – протирка окончена, ожидание загрузки в БЗМ	t18 – окончание загрузки
P18 – осуществляется загрузка в БЗМ	t19 – просеивание начато
P19 – загрузка окончена, ожидание дозирования	t20 – окончание просеивания
P20 – осуществляется загрузка на сито сульфата	t21 – загрузка в БЗМ начата
P21 – загрузка окончена, ожидание просеивания	t22 – загрузка окончена в БЗМ
P22 – осуществляется просеивание	t23 – окончание загрузки

Продолжение таблицы 2

1	2
P23 – просеивание окончено, ожидание загрузки в БЗМ	t24 – просеивание начато
P24 – осуществляется загрузка	t25 – окончание просеивания
P25 – окончена загрузка в БЗМ, ожидается дозирование	t26 – загрузка в БЗМ начата
P26 – осуществляется загрузка на сито мела	t27 – окончание загрузки
P27 – загрузка окончена, ожидание просеивания	t46 – окончание дозирования, линия включена
P28 – просеивание осуществляется	t47 – выгрузка начата
P29 – просеивание окончено, ожидание загрузки в БЗМ	t50 – окончание выгрузки песка1
P30 – осуществляется загрузка в БЗМ	t48 – окончание выгрузки мела и глинозема
P31 – загрузка окончена, ожидается дозирование	t51 – начата выгрузка песка2 и мд
P7 – осуществляется наполнение (дозирование материала в весы), включение транспортной линии	
P53 – контрольное взвешивание, ожидание выгрузки компонентов	t49 – начата выгрузка CCC
P54 – осуществляется выгрузка песка1	t52 – окончание выгрузки песка2 и мд
P55 – осуществляется выгрузка мела	t54 – окончание выгрузки CCC
P56 - осуществляется выгрузка глинозема	t53 – выгрузка начата доломита
P57 – окончена выгрузка песка1, ожидание выгрузки песка2 и мд	t55 – окончание выгрузки доломита
P58 – окончена выгрузка мела, ожидание выгрузки CCC(сода, селитра, сульфат)	t56 – смешивание и увлажнение компонентов начато
P59 – окончена выгрузка глинозема, ожидание выгрузки CCC	t57 – оканчивается смешивание и увлажнение
P63 – осуществляется выгрузка песка2 и мд	t58 – линия включена
P60 – осуществляется выгрузка соды	t59 – выгрузка в БЗШ начата
P61 – осуществляется выгрузка селитры	t60 – окончание выгрузки в БЗШ
P62 – осуществляется выгрузка сульфата	t61 – дозирование осуществляется
P65 – окончена выгрузка песка2 и мд, ожидание выгрузки доломита	
P64 – окончена выгрузка CCC, ожидается смешивание и увлажнение	
P66 – осуществляется выгрузка доломита	
P67 – окончена выгрузка доломита, ожидается смешивание и увлажнение	
P68 – осуществляется смешивание и увлажнение	
P69 – ожидается включение транспортной линии склада	
P70 – смешивание окончено, ожидается выгрузка в БЗШ	

Продолжение таблицы 2

1	2
P71 – осуществляется выгрузка шихты в БЗШ	
P72 – выгрузка окончена, ожидание загрузки компонентов	
P52 – весы пусты, ожидание дозирования	
P73 – дозирование начато, ожидание включения заготовительного оборудования	
P74 – оборудование включено, ожидание загрузки сырьевых материалов	

При моделировании данной сети в программе VisualPetri были получены следующие данные: 1) сеть ограниченная – 3; 2) безопасная; 3) живая; 4) обратимая; 5) правильная; 6) класс сети – автомат; 7) пассивных переходов нет.

Это свидетельствует о том, что созданная сеть Петри технологического процесса приготовления шихты, объединившая все три этапа (заготовка, дозирование и смешивание ОСМ) является пригодной для проектирования единой АСУ ТП приготовления шихты.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лескин А.А., Мальцев П.А., Спиридонов А.М. Сети Петри в моделировании и управлении. – Ленинград: «Наука», 1989. – 133 с.
2. Китайгородский И.И., Качалов Н.Н. и др. Технология стекла; под общей ред. Китайгородского И.И. – М.: Стройиздат, 1967. – 564 с.

**Маслаков Максим Петрович**

Северо-Кавказский горно-металлургический институт (СКГТИ), г. Владикавказ

Ассистент, аспирант кафедры «Промышленная электроника»

Тел.: (8672) 57-42-79

E-mail: [kalbash1@mail.ru](mailto:kalbash1@mail.ru)

M.P. MASLAKOV

#### USE OF NETWORKS PETRI AT MODELLING OF THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM BY TECHNOLOGICAL PROCESS OF DRAWING UP (PREPARATION) GLASS SHIHTY

*Questions of automation of management by drawing up (preparation) shihty at the enterprises of the glass industry are considered. The block diagramme of the uniform automated control system by technological process of drawing up shihty is developed. Networks of Petri for separate stages of technological process of preparation shihty are constructed. The network of Petri is developed for all technological process of drawing up shihty.*

**Keywords:** control system of drawing up shihty; modelling by networks of Petri; modelling of technological process.

#### BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Leskin A.A., Mal'cev P.A., Spiridonov A.M. Seti Petri v modelirovanii i upravlenii. – Leningrad: «Nauka», 1989. – 133 s.
2. Kitajgorodskij I.I., Kachalov N.N. i dr. Tekhnologiya stekla. Pod red. Kitajgorodskogo I.I. – M.: Strojizdat, 1967. – 564 s.