

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

---

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора ЮТИ ТПУ по УР

\_\_\_\_\_ В.Л. Бибик

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2013 г.

**С.Н. Федосеев**

## **Расчет шихтовых материалов для выплавки чугуна**

Методические указания к выполнению практической работы  
по курсу «Металлургические технологии» для студентов III курса,  
обучающихся по направлению 150400 «Металлургия»  
очной и заочной формы обучения

Издательство

Юргинского технологического института (филиала)

Томского политехнического университета

2013

УДК 621.745  
ББК 34.323  
Ф33

**Федосеев С.Н.**

Ф33 Расчет шихтовых материалов для выплавки чугуна: методические указания к выполнению практической работы по курсу «Металлургические технологии» для студентов III курса, обучающихся по направлению 150400 «Металлургия» очной и заочной формы обучения / С.Н. Федосеев; Юргинский технологический институт. – Юрга: Изд-во Юргинского технологического института (филиала) Томского политехнического университета, 2013. – 16 с.

УДК 621.745  
ББК 34.323

Методические указания рассмотрены и рекомендованы  
к изданию методическим семинаром кафедры  
МЧМ ЮТИ ТПУ  
« 04 » декабря 2013 г.

Зав. кафедрой МЧМ  
канд. тех. наук,

\_\_\_\_\_ *А.А. Сапрыкин*

Председатель  
учебно-методической комиссии

\_\_\_\_\_ *И.С. Сулимова*

*Рецензент*

Кандидат технических наук, доцент  
*М.А. Платонов*

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, Юргинский  
технологический институт (филиал), 2013  
© Федосеев С.Н., 2013

## 1. Цель и задачи лабораторной работы

Изучить химический состав, классификацию, ГОСТы металлических шихтовых материалов, флюсов и топлива, используемых для получения чугуна. Овладеть методикой расчета шихты для выплавки чугуна.

## 2. Краткая характеристика объекта изучения

Для плавки чугуна, наряду с вагранками, применяют тигельные и каналные индукционные печи, а также дуговые электропечи.

Преимущества электроплавки заключаются в возможности проведения глубокой металлургической обработки расплава, получении чугуна высокого качества строго заданного химического состава, в возможности использования дешевых шихтовых материалов.

Индукционные печи промышленной частоты являются наиболее совершенными с энергетической точки зрения плавильными агрегатами. Они характеризуются высокой экономичностью, как при плавлении, так и перегреве чугуна. К. п. д. печи соответственно достигает 77,5 и 68 %, против 45 и 5 % у вагранок.

Канальные индукционные печи реже используются как самостоятельные плавильные агрегаты, а большей частью как печи для подогрева, выдержки металла, доводки химического состава и последующего модифицирования.

Тигельные индукционные печи получили большее распространение. Они удобны в эксплуатации и больше приспособлены для больших объемов производства.

Плавку чугуна в тигельных печах можно начинать на твердой завалке. Но наилучшие результаты получаются при наличии в печи жидкого остатка («болота») в количестве не менее 30 % от общей емкости печи.

Наиболее рациональным технологическим вариантом является плавка в индукционной печи синтетического перепада чугуновой стружки, стального лома, образующихся в обрабатывающих цехах, и возврата собственного производства с дальнейшим науглероживанием и доведением хим. состава расплава до заданного.

Как показала практика, лучшие показатели литейных и механических свойств чугуна достигается при использовании в шихте до 50 % стальных отходов. Обычно при выплавке синтетического чугуна в печь загружают: возврат собственного производства – 25–30 %, стружку чу-

гунную – 35–40 %, стружку стальную, высечку – 25–30 %, ферросплавы – до 5 %, карбюризатор – до 1 %.

При использовании стального скрапа для получения чугуна требуемого химического состава необходимо вводить углерод и кремний. Доводка чугуна по содержанию углерода производится карбюризаторами, а по кремнию – ферросилицием.

В качестве карбюризаторов более предпочтительны углеродосодержащие материалы с низким содержанием серы – электродный порошок, графитированный коксик.

Экспериментально показано, что при плавке на твердой завалке карбюризатор (полностью или на 70–80 % его общего количества) необходимо вводить с шихтой. При этом углерод из электродного порошка или коксика усваивается на 80–85 %. Скорость науглероживания определяется температурой плавки и размерами частиц карбюризатора. Считается оптимальными перегрев до 1450–1500 °С и выдержка чугуна при этой температуре в течение 20–25 минут. Размер частиц карбюризатора должен составлять 5–10 мм. Скорость науглероживания металла колеблется от 0,04 до 0,1 % мин.

Ферросплавы необходимо вводить в жидкий чугун после полного усвоения углерода. Это позволяет уменьшить расход дорогостоящего ферросплава. Кремний в этом случае усваивается из ферросилиция на 90–95 %. Если же вводить ферросилиций до науглероживания чугуна, то усвоение кремния составляет 80–85 %.

Технологический процесс плавки в индукционной печи включает следующие операции: загрузку шихты, в том числе и карбюризатора, нагрев и расплавление ее, наведение шлака, перегрев, доведение химического состава чугуна до заданного, а также термо временную обработку (выдержку) с целью галогенизации расплава и уменьшения влияния наследственности исходных шихтовых материалов. Длительность выдержки от 5 мин. для СЧ20 и до 20 мин. для СЧ45 при температуре 1500–1520 °С.

Шихтой называется рецептура исходных материалов, которые загружаются в печь и подвергаются плавке.

При плавке чугуна в литейных цехах металлическая шихта обычно состоит из доменных чушковых чугунов, лома (чугунного и стального), отходов собственного производства (литники, скрап, брак, всплески, стружка), а также различного рода низкопроцентных ферросплавов.

Для получения заданного состава и свойств шлака, применяют различные флюсы, руды и добавки. Кроме того, для плавки чугуна в вагранки применяют специальное ваграночное топливо: кокс, природный

газ. Доменные чугуны различают на литейные, перепельные и природнолегированные.

*Литейные чугуны* (ГОСТ 4832-80) выпускают обычные (маркировка Л) и рафинированные магнием (ЛР). Их подразделяют по содержанию кремния на марки, по содержанию марганца на группы, по содержанию фосфора на классы и по содержанию серы на категории.

*Перепельный чугун* по ГОСТ 805-80 выпускают десятки марок: для сталеплавильного производства П1 и П2, для литейного производства ПЛ1 и ПЛ2, фосфористый ПФ1, ПФ2, ПФ3 и высококачественный ПВК1, ПВК2 и ПВК3.

*Чугуны природнолегированные* используют в основном трех видов: хромоникелевый (ТУ 14-15-84-79), титановый и титаномедистый (ТУ 14-15-4-74). Хромоникелевый чугун выпускают десяти марок – от ЛХН1 (0,2 % Ni + Co; 0,4 – 1,2 % Cr) до ЛХН10 (1 % Ni + Co; 2,3 – 3,2 % Cr). Титановый чугун (БТЛ3 – БТЛ7) содержит 0,3 – 1,2 % Ti, титаномедистый (БТМЛ3 – БТМЛ7) – 1 – 3 % Cu и 0,3 – 1,2 % Ti.

Значительная часть шихты (более 50 % при плавке в вагранках и почти 100% при плавке в индукционных печах) состоит из вторичных материалов. Этот чугунный и стальной лом, стружка стальная и чугунная, обрезь и т.п. Согласно ГОСТ 2787-86 металлолом подразделяется на две категории (А – нелегированный, Б – легированный), на два класса (стальной и чугунный) и на несколько видов.

Ферросплавы это обширная группа металлических шихтовых материалов включает сплав железа с одним или несколькими легирующими элементами, часто применяют ферросплавы марганца и кремния. При выплавке чугуна наиболее низкопроцентные ферросплавы вводят в шихту, а высокопроцентные вводят в печь в конце плавки, присаживают в ковш или подают на желоб вагранки.

Ферромарганец (ГОСТ 4755-80) подразделяют на низкоуглеродистый (0,5 % C), среднеуглеродистый (1 – 2 % C) и высокоуглеродистый (7 % C). В маркировке FeMn буква А обозначает пониженное содержание фосфора, К – пониженное содержание кремния, С – повышенное содержание кремния.

Ферросилиций (ГОСТ1415-78) выпускают девяти марок от ФС20 до ФС90. В маркировке цифры показывают среднее содержание кремния в ферросилиции.

Кроме указанных для корректировки шихты, легирования и модифицирования металла используют такие ферросплавы, как феррохром (ГОСТ 4757-79), силикомарганец (ГОСТ 4756-77), силикокальций (ГОСТ 4762-71), ферротитан (ГОСТ 4761-80), ферровольфрам (ГОСТ

17293-82), ферромолибден (ГОСТ 4759-79) и др. для раскисления металла используют алюминий вторичный (ГОСТ 295-79).

**Флюсы.** При плавке чугуна в вагранке в качестве флюса применяют в основном известняк  $\text{CaCO}_3$ , который содержит  $\text{CaO}$  (52 % – 1 сорт; 50 % – 2 сорт; 49 % – 3 сорт) и около 10 % других примесей ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SO}_2$ ). Кроме известняка для ваграночной плавки можно использовать кусковой мел, мрамор, а также известь (88 – 93 %  $\text{CaO}$ ), плавиковый шпат (не менее 75 %  $\text{CaF}_2$ ), доломит при основном процессе (~ 30 %  $\text{CaO}$ , ~ 20 %  $\text{MgO}$ , ~ 45 %  $\text{CO}_2$ ).

**Топливо.** В качестве топлива при плавке литейных сплавов применяют кокс, мазут и природный газ. Кокс литейный каменноугольный (ГОСТ 3340 – 71) в зависимости от содержания серы обозначают КЛ – 1 (менее 0,45 % S), КЛ – 2 (менее 1,0 % S) и КЛ – 3 (менее 1,4 % S).

Мазут подразделяют на малосернистый (менее 0,5 % S), сернистый (менее 2 % S) и высокосернистый (менее 3,5 % S). Теплота сгорания 39800 – 40600 кДж/кг.

Природный газ применяют в газовых и коксогазовых вагранках и др. печах. Природный газ состоит в основном из метана  $\text{CH}_4$  и имеет теплотворную способность 33500 – 35600 кДж/м<sup>3</sup>.

### 3. Расчет шихты для выплавки чугуна

Выбор шихтовых материалов заключается:

– в первую очередь, в подборе первичных, вторичных и иных материалов, которые обеспечивали бы необходимый химический состав производимого сплава для отливок;

– во вторую очередь, в подборе таких материалов, которые обеспечивали бы технико-экономическую выгодность производства сплава;

– в третью очередь, в подборе материалов с оптимальными физическими характеристиками (размеры, плотность, развитость поверхности, окисленности и т.п.), обеспечивающими качество производства сплава с наименьшими затратами;

– в четвертую очередь, в подборе материалов, отвечающих наиболее полно требованиям безопасности жизнедеятельности.

Для выбора и расчета шихты необходимы следующие данные:

– химический состав производимого сплава для отливок (по техническим условиям, ГОСТ и другим нормативным документам);

– номенклатура шихтовых материалов, которые предполагается использовать для производства сплава;

- химический состав шихтовых материалов согласно представленной номенклатуры;
- выбранные печи для плавки, обработки и внедрение сплава;
- данные по угарам элементов, происходящим в процессе плавки, обработки и выдержки в выбранных печах;
- состав печной атмосферы при производстве сплава;
- время выдержки сплава в плавильных печах и печах внепечной обработки.

Основной задачей расчета является определение массовой доли каждого из компонентов шихты, выбранных из приведенной номенклатуры материалов, для обеспечения требуемого химического состава сплава, с учетом угара элементов в печах плавки, обработки и выдержки.

Выбор количества компонентов шихты, прежде всего, зависит от их наличия на предприятии, а также от требований к содержанию химических элементов в сплаве (пределы отклонения, ограничения по максимальному или минимальному значениям и т.д.).

Исходя из технологического процесса производства сплава производят выбор материалов для обеспечения модифицирования, рафинирования, раскисления, легирования и т.д.

*Расчет шихты* производят следующими методами:

- методом подбора, заведомо задаваясь определенным составом шихты и производя расчет содержания в ней химических элементов; данные расчета сверяются с необходимым содержанием элементов в производимом сплаве с учетом угара; в случае расхождения расчет повторить, изменяя состав компонентов шихты; расчеты производятся до тех пор, пока ошибка (расхождение) будет составлять менее 5 %;
- аналитическим методом, который заключается в составлении системы уравнений; неизвестными данной системы уравнений являются массовые доли компонентов шихты.

При расчете шихты необходимо учитывать в ее составе возврат собственного производства. Однако следует учитывать, что многократное использование возврата приводит к насыщению сплава вредными элементами.

Поэтому количество возврата в шихте следует ограничивать (обычное содержание 30–60 %).

Угары элементов при плавке сплава зависят от типа плавильных агрегатов, состояния шихтовых материалов, технологии металлургических процессов. Значения угаров приведены в приложениях А.

Необходимое содержание химических элементов в шихте с учетом общего угара можно рассчитать по следующему уравнению:

$$K_i^{(III)} = K_i^{(C)} \cdot \left[ \frac{100}{100 \pm \Delta Y_i} \right],$$

где  $K_i^{(III)}$  – необходимое содержание  $i$ -го химического элемента в шихте (%);

$K_i^{(C)}$  – заданное содержание  $i$ -го химического элемента в сплаве (%);

$\Delta Y_i$  – угар (–) или пригар (+)  $i$ -го химического элемента в процессе производства сплава (% от первоначального содержания в шихте).

Общее содержание  $i$ -го элемента в многокомпонентной шихте рассчитывается по следующему уравнению:

$$K_i^{(III)} = \sum_{j=1}^n \frac{K_i^{(j)} \cdot K_j^{(III)}}{100},$$

где  $K_i^{(III)}$  – содержание  $i$ -го элемента в многокомпонентной шихте, (%);

$K_i^{(j)}$  – содержание  $i$ -го элемента в  $j$ -ом компоненте шихты, (%);

$K_j^{(III)}$  – содержание  $j$ -го компонента в шихте.

Здесь следует учитывать, что система уравнений может включать в себя сумму всех компонентов шихты, которая будет равна 100 %:

$$\sum K_j = 100,$$

где  $K_j$  – содержание  $j$ -го компонента в шихте, (%).

При плавке сплава в электропечах, которые дают широкую возможность перегрева, раскисления и дегазации металла имеет смысл применять шихту, состоящую только из возврата и лома (стального и чугунного) с добавкой ферросплавов и карбюризаторов. Это снижает стоимость шихты.

## Практическое занятие № 1

### Работа № 1

Определить сколько кремния (Si) и марганца (Mn) должно находиться в шихте, чтобы получить в чугунных отливках следующий хи-

мический состав: Si – 2,0 %; Mn – 1,0 %? При расчетах принять угар в плавильной печи: Si – 15 %; Mn – 20 %.

### Работа № 2

Расчет химического состава шихты показал, что в ней недостает 0,1 % Si. Определить, сколько необходимо ввести в шихту ферросилиция марки ФС20 для компенсации этого недостатка?

### Работа № 3

Определить, чему равен угар Si и Mn при плавке чугуна, если в шихте было: Si – 2,1 %; Mn – 0,8 %, а в отливке получилось: Si – 1,85 %; Mn – 0,66 %?

### Работа № 4

Определить химический состав шихт, указанных в таблице.

Номер шихты	Наименование компонентов шихты	Химический состав компонентов, %			Содержание компонентов в шихте, %
		C	Si	Mn	
1	Литейный чугун	3,70	2,20	0,90	60
	Чугунный лом	3,40	2,10	0,80	30
	Стальной лом	0,25	0,25	0,60	10
2	Литейный чугун	3,80	2,40	0,60	50
	Чугунный лом	3,20	2,00	0,70	30
	Стальной лом	0,15	0,30	0,80	20
3	Литейный чугун	3,40	2,00	0,95	40
	Чугунный лом	3,30	1,90	0,70	35
	Стальной лом	0,18	0,27	0,70	25

### Практическое занятие № 2

### Работа № 5

Определить химический состав шихты для плавки чугуна в вагранках по основным элементам и примесям. Состав шихты представлен в таблице.

Наименование компонентов шихты	Химический состав компонентов					Содержание компонентов в шихте, %
	Основные элементы, %			Примеси, % (не более)		
	C	Si	Mn	S	P	
1. Передельный чушковый чугун марки ПЛ2-III-Б-III ГОСТ 805-80	4,0	0,7	0,7	0,03	0,12	9,0
2. Лом чугуновый кусковой №1(17А) ГОСТ 2787	3,2	2,0	0,8	0,25	0,4	25
3. Лом стальной кусковой габаритный №1(1А) ГОСТ 2787	0,15	0,3	0,6	0,02	0,05	30
4. Чугунная стружка	3,4	2,1	0,7	0,20	0,30	8,5
5. Стальная стружка	0,6	0,35	0,4	0,02	0,05	2,5
6. Возврат собственного производства	3,3	1,9	0,7	0,15	0,3	25

### Практическое занятие № 3

#### Работа № 6

Произвести выбор и расчет шихты из исходных компонентов, приведенных в таблице, для производства ЧПГ со следующим содержанием Si и Mn:

- вариант а: Si – 1,8 %; Mn – 0,7 % (принять угар при плавке: Si – 10 %; Mn – 20 %);

- вариант б: Si – 1,9 %; Mn – 0,75 % (принять угар при плавке: Si – 12 %; Mn – 22 %);

- вариант в: Si – 1,7 5%; Mn – 0,8 % (принять угар при плавке: Si – 15 %; Mn – 25 %).

Компоненты шихты	Химический состав, %	
	Si	Mn
1. Литейный чушковый чугун марки Л2-IV-Б-2 ГОСТ 4832-80	3,00	1,00
2. Литейный чушковый чугун марки Л2-IV-Б-2 ГОСТ 4832-80	3,40	1,00
3. Литейный чушковый чугун марки Л3-III-Б-3 ГОСТ 4832-80	2,80	0,75

4. Литейный чушковый чугун марки Л4-Ш-Б-3 ГОСТ 4832-80	2,25	0,70
5. Литейный чушковый чугун марки Л6-Ш-Б-3 ГОСТ 4832-80	1,50	0,90
6. Переделный чушковый чугун марки ПЛ1- IV-Б-Ш ГОСТ 805-80	1,00	1,50
7. Литейный чушковый чугун, рафинированный марки ЛР4-Ш-Б-2 ГОСТ 4832-80	2,20	0,75
8. Переделный чушковый чугун рафинированный марки ПВК1- II-Б-2 ГОСТ 805-80	1,15	0,75
9. Лом чугуна кусковой габаритный №1(17А) ГОСТ 2787-86	2,15	0,70
10. Лом стальной кусковой габаритный №1(1А) ГОСТ 2787-86	0,20	0,60
Возврат собственного производства вводить в состав шихты до 50%		

#### 4. Основное содержание работы

1. Выбор и описание технологического процесса плавки чугуна.

Выбор плавильного агрегата для плавки чугуна (с обоснованием выбора).

Назначение и описание металлургических процессов, необходимых для производства чугуна в печи (завалка шихты, флюсование, наведение шлаков, перегрев, выдержка и т.д.).

Определение угаров элементов при выплавке чугуна в назначенном плавильном агрегате.

2. Выбор и описание технологического процесса внепечной обработки жидкого чугуна ( модифицирование, рафинирование, доводка по химическому составу, легирование и т.п.).

Определение угаров элементов при проведении внепечной обработке сплава.

3. Выбор компонентов шихты для производства сплава.

3.1. Описание компонентов шихты и определение их химического состава.

3.2. Определение шихтовых материалов для флюсования, наведения шлаков, раскисления, дегазирования, модифицирования и т.п., которые необходимо применять в выбранной технологии производства.

4. Расчет и назначение шихтовых материалов, флюсов, лигатур, модификаторов и иных материалов, необходимых для производства чугуна.

Выбор и описание методики расчета.

Расчет компонентов шихты и других материалов для проведения процесса производства сплава.

Окончательное назначение расхода шихтовых материалов.

Работу студент защищает руководителю по контрольным вопросам. После выполнения и защиты всех работ рабочая тетрадь в обязательном порядке сдается преподавателю.

## 5. Контрольные вопросы

1. Какие печи применяют для выплавки чугуна?
2. Какие существуют виды чугуна?
3. Что такое шихта?
4. Что применяют в качестве шихты для выплавки чугуна?
5. Что такое ферросплавы?
6. Для чего применяют ферросплавы?
7. Что такое флюсы и для чего их используют?
8. Что в качестве топлива используют для выплавки чугуна?
9. В чем заключается выбор шихтовых материалов для выплавки?
10. Какими методами рассчитывают шихту?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трухов А.П. Литейные сплавы и плавка: Учебник для студ. высш. учеб. Заведений / Трухов А.П., Маляров А.И. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с.
2. Гришович Н.Г. Справочник по чугунному литью / Под ред. Н.Г. Гришовича. – 3-е изд. – Л.: Машиностроение, 1978. – 758 с.
3. Степанов Ю.А. Технология литейного производства / Степанов Ю.А., Баландин Г.Ф., Рыбкин В.А. – М.: Машиностроение, 1985. – 287 с.
4. ГОСТ 1412-85 «Чугуны с пластинчатым графитом для отливок»;
5. ГОСТ 7293-85 «Чугуны с шаровидным графитом для отливок»;
6. ГОСТ 28394-83 «Чугуны с вермикулярным графитом для отливок»;
7. ГОСТ 1585-85 «Чугуны антифрикционные для отливок».

Приложение А

Угар основных химических элементов из шихтовых материалов при плавке чугуна

Плавильный агрегат	Футеровка	Угар элементов, % от содержания в шихте									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	Ti
Вагранка горячего дутья	Кислая	10-(-8)	10-(-10)	10-30	—	(-10)-(-50)	10-15	До 5	До 5	До 5	30-60
	Основная	10-(-12)	20-25	10-20	До 10	20-50	10-20				
Дуговая электропечь	Кислая	(-5)-(-10)	—	15-20	—	До 30	15-30	До 10	До 10	До 10	30-60
	Основная	(-3)-(-5)	5-10	10-15	До 20	20-50	15-30				
Индукционная тигельная печь промышленной частоты	Кислая	5-15	3-(-5)	10-25	—	—	До 1	0	0	До 5	До 2,5
	Основная	5-10	5-10	5-10	—	—	4-5	0	0	До 2,5	10-12

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Металлургия черных металлов»

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Практическая работа № \_\_

Расчет шихтовых материалов для выплавки чугуна

Исполнитель:  
студент гр. \_\_\_\_\_

(подпись) И.О.Фамилия  
(дата)

Руководитель:  
(должность, ученая степень)

(подпись) И.О.Фамилия  
(дата)

Юрга 20\_\_

Учебное издание

ФЕДОСЕЕВ Сергей Николаевич

## **РАСЧЕТ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВЫПЛАВКИ ЧУГУНА**

Методические указания к выполнению практической работы  
по дисциплине «Металлургические технологии» для студентов III курса,  
обучающихся по направлению 150400 «Металлургия»  
очной и заочной формы обучения

Печатается в редакции автора-составителя

**Отпечатано в издательстве ЮТИ ТПУ в полном соответствии  
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 12.12.13

Формат 60x84/16. Бумага офсетная

Плоская печать. Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд.л. 0,84

Тираж 30 экз. Заказ 1693. Цена свободная.

ИПЛ ЮТИ ТПУ. Ризограф ЮТИ ТПУ.

652050. Юрга, ул. Московская, 17.