

посадочном цикле воздушного судна. МГТУ ГА, «Инновации в гражданской авиации», № 1, 2019

9. Степанов О.Ф. Двойное шасси безопасности взлета-посадки воздушного судна. Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) #7(64) 2019

10. Степанов О.Ф. Самбез-самолет будущего. «Изобретатель и рационализатор», № 3, 2018

11. BOEING 737-800 -задевание хвостом фюзеляжа ВПП от 11 декабря 2018 года news.ykt.ru

12. Фото 1. Аварийная посадка Суперджета 100 от 5 мая 2019 года в а/п Шереметьево.

13. Фото 2. Аварийная посадка Суперджета 10 от 5 мая 2019 года в а/п Шереметьево.

#### REFERENCES

1. Dinamika poleta samoleta Tu-204 (Tu-204-120s) / V.P. Bekhtir, M.G. Efimova, Y.N.

Starikov, V.G. Tsipenko. Chast' 2. Osobennosti ustoichivosti i upravlyayemosti: uchebnoje posobije. M.: MGTUGA, 2008. (In Russia.).

2. Ershov A. Aerophobia, Russ, 2006

3. Il'yushin C.I., Lishiner D.V., Sheinin V.M., Dolgushev G.E. Patent № 916395/40-23, Samolet s dvigateleyami na khvostovoj chasti fyuzelyahzha". Opublikovan 26.01.1972, Bulletin № 5 (In Russ.).

4. Rekomendatsii tsentrovki i zagruski // Superjet 100. Rukovodstvo po letnoj ekspluatatsii.

ZAO "GSS", 2010. (In Russ.).

5. Stepanov O.F. Patent № 163586 "Shassi bezopasnosti vzleta-posadki vozduzhnogo sudna". Zajavlen 18.11.2015. Opublikovan 27.07.2016. Bulleten' № 21, zaregistrirovan 06.07.2016. (In Russ.).

6. Stepanov O.F. Chassis of the safety takeoff-landing of the aircraft. Journal "Innovations in civil aviation", Vol. 3, №. 3, 2018.

7. Stepanov O.F. Features the work of dshb sambas in the landing cycle. Journal "Innovations in civil aviation", Vol. 4, №. 1, 2019.

8. Stepanov O.F. Double chassis the takeoff – landing of the aircraft. Journal (ECU) #7(64) 2019.

9. Stepanov O.F. Sambez-aircraft of future. Journal "Izobretatel I pazionalizator" №3 2018.

10. Video posadki Superjeta 100 proizoshedshyey 5 maya 2019 a/p Sheremetivo. Video, wziato iz TB program "Ulika proshlogo" TK "Zvezda" 29.10.2019

11. Boeing 777-800 zadel xwostom BPP, news.ykt.ru, 11 december 2018 year

УДК 681.527.2

ГРНТИ 55.03.14

## СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ МЕХАНИЗМОВ

DOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2020.4.71.599](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2020.4.71.599)

Тащилин Лев Николаевич  
ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия  
имени А.Ф. Можайского»  
Министерства обороны Российской Федерации,  
Санкт-Петербург

## STRUCTURAL SCHEMES OF MECHANISMS

Tashchilin Leo

A.F. Mozhaisky Military Space Academy,  
St.Petersburg

### РЕЗЮМЕ

Статья посвящена некоторым аспектам теории механизмов и машин, являющимся основой для решения конкретных инженерных задач.

Цель статьи – подробно рассмотреть особенности структурных схем механизмов, порядок и условия их построения

Задачи исследования: рассмотреть последовательность построения и особенность структурных схем механизмов.

В процессе исследования обозначена актуальность оптимизации конструкции механизмов и машин, отдельное внимание удалено критериям производительности и надежности механизмов и машин. Детально рассмотрен порядок и последовательность построения таких схем, особое внимание удалено структурным группам и их анализу. На конкретных примерах продемонстрированы результаты использования представленных в статье алгоритмов построения структурных схем механизмов.

### SUMMARY

The article is devoted to some aspects of the theory of mechanisms and machines, which are the basis for solving specific engineering problems.

The purpose of the article is to consider in detail the features of structural schemes of mechanisms, the order and conditions of their construction

Research objectives: to consider the sequence of construction and features of structural schemes of mechanisms.

In the course of the study, the relevance of optimizing the design of mechanisms and machines is indicated, special attention is paid to the criteria for performance and reliability of mechanisms and machines. The order and sequence of construction of such schemes are considered in detail. special attention is paid to structural groups and their analysis.

The results of using the algorithms for constructing structural schemes of mechanisms presented in the article are demonstrated using specific examples.

**Ключевые слова:** анализ, звено, кинематика, механизм, структура, схема.

**Keywords:** analysis, link, kinematics, mechanism, structure, scheme.

Машиностроение - основная отрасль любой современной промышленно развитой страны, которая одновременно определяет уровень развития производительных сил общества, а также составляет фундамент технического прогресса всех отраслей народного хозяйства [1]. Современное производство невозможно без различных высокоэффективных машин – устройств для преобразования энергии и (или) движения, накопления и переработки информации. Благодаря их использованию повышается производительность труда, облегчается физический и умственный труд человека и т.д. [2] В свою очередь, прогресс машиностроения определяется совершенством машин, которые создаются.

Высокие требования, предъявляемые сегодня к современным машинам, могут быть достигнуты только в том случае, если они будут иметь оптимальную конструкцию. Машины с оптимальной конструкцией обеспечивают высокую производительность и качество продукции, низкий уровень эксплуатационных и капитальных затрат, надежность работы в различных условиях эксплуатации. В данном контексте следует отметить, что качество создаваемых механизмов и машин во многом зависит от полноты разработки и применения общих методов проектирования. Чем полнее будут учтены уже на стадии проектирования критерии производительности, надежности, точности, экономичности, тем совершеннее будут созданы конструкции.

Умение применять методы кинематического и

динамического исследования механизмов и машин абсолютно необходимо, как при составлении расчетных схем и в процессе моделирования условий нагрузки конструкций и их элементов, так и для дальнейших расчетов на прочность, жесткость и устойчивость, а также для корректной постановки эксперимента.

При структурном анализе механизмов определяют: 1) количество подвижных звеньев механизма; 2) количество и класс кинематических пар (КП); 3) степени подвижности механизма; 4) количество, класс и порядок структурных групп, образующих этот механизм; 5) класс механизма в целом. В процессе структурного анализа составляется структурная схема механизма. Причем следует отличать структурную схему механизма от кинематической схемы.

Таким образом, в рамках проводимого исследования рассмотрим более подробно особенности структурных схем механизмов, порядок и условия их построения.

Как уже отмечалось ранее, при изображении механизма на чертеже, различают его структурную схему с применением условных обозначений звеньев и КП (без соблюдения масштаба) и кинематическую схему, которая является его кинематической моделью (с соблюдением масштаба).

Структурная схема – это условное изображение механизма, содержащее стойку, подвижные звенья и КП, на которой указывается их взаимное расположение без соблюдения соотношения размеров звеньев [3] (см. рис. 1).

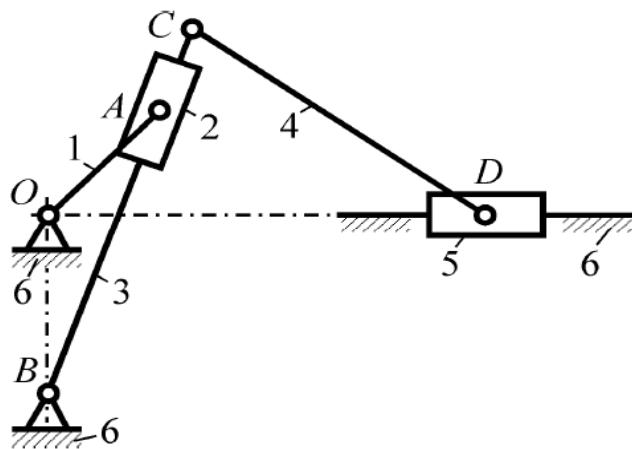


Рис. 1 Структурная схема механизма

Звенья на схемах обозначают цифрами (как правило, 0 – стойка, 1 – ведущее звено), а КП большими буквами латинского алфавита.

Также возможно, что звенья и пары на схеме изображаются условными обозначениями.

В основе структурного анализа лежит метод, разработанный профессором Санкт-Петербургского технического университета Л. В. Ассуром. Ученый предложил рассматривать каждый механизм, как цепь, образованную путем

наслоения структурных групп – групп Ассура (группы Ассура – структурные группы, имеющие в присоединенном состоянии нулевую подвижность), присоединенных к простейшему начальному механизму.

Простейший начальный механизм – это такой механизм, дальнейшее расчленение которого на составляющие невозможно без нарушения его

основной функции – передачи движения [3]. Примеры таких механизмов показаны на рис. 2.

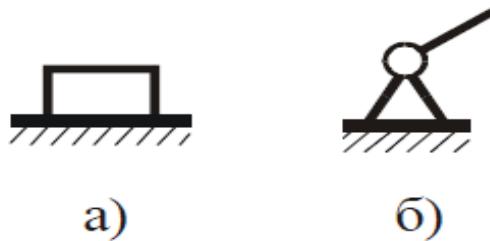


Рис. 2 Начальные механизмы:  
а) – с поступательно подвижным звеном; б) – с вращательным звеном

Рассмотрим более подробно последовательность построения структурной схемы:

1. Высшие КП заменяют низшими. Последовательность замены высших пар низшими включает в себя:

– через точку контакта геометрических элементов высшей КП проводят общую нормаль к этим элементам;

– на этой нормали находят центры кривизны геометрических элементов высшей КП;

– в центрах кривизны размещают низшие вращательные КП и соединяют их между собой дополнительным звеном. Если один из геометрических элементов пары прямая линия (центр кривизны стремится к бесконечности), то на этой прямой, как на оси, размещают поступательную пару. Если один из геометрических элементов является точкой, то вращательную пару размещают в этой точке;

– в состав механизма вводят звенья, которые ранее образовывали высшую пару.

Полученный механизм является кинематически эквивалентным исходному с высшей парой. Скорости и ускорения его точек и соответствующих точек исходного механизма одинаковые.

2. Поступательные пары заменяют вращательными (отметка «∞»). При этом поступательное движение ползуна рассматривается как мгновенное вращательное относительно точки, находящейся на бесконечности, а сам ползун принимается в качестве поводка бесконечной длины.

3. Звенья, которые образуют три и более кинематические пары, изображаются в виде многогранников с количеством вершин, равным числу шарниров.

4. Изображается стойка в соответствии с числом ее геометрических элементов.

5. Изображаются звенья, образующие кинематические пары со стойкой.

6. Изображаются остальные звенья в последовательности создания замкнутых контуров.

Построим структурную схему механизма, используя представленную последовательность.

Итак:

механизм образует со стойкой только две КП ( $O_1$  и  $O_2$ ) поэтому ее изображаем с помощью прямой линии;

звенья 1 и 2 тоже образуют только по две КП ( $O_1$ ,  $A_1$  и  $O_2$ ,  $A_2$ ) поэтому их изображаем с помощью прямых линий;

высшую КП заменяем на низшую (вводим дополнительное звено 3) (см. рис. 3).

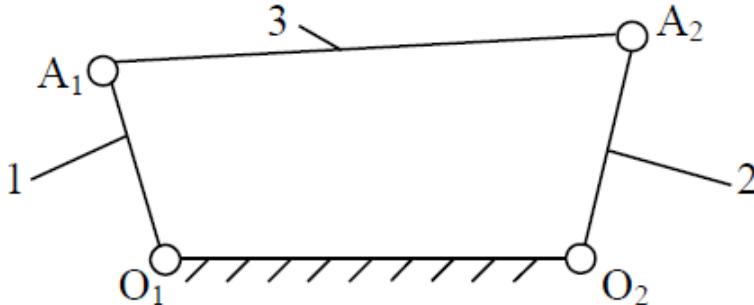


Рис. 3 Структурная схема механизма

При составлении структурной схемы удобно пользоваться таблицей, в которой указываются звенья, образующие определенную КП. При этом целесообразно использовать следующее правило: если в одной точке находятся две КП, то две пары

создает звено, которое соединено со стойкой, если таких звеньев нет, тогда то, которое образует большее количество КП [4].

Разработанная Л.В. Ассуром структурная классификация плоских механизмов, которые

включают в себя только низшие КП, упрощает исследование существующих и создание новых механизмов без избыточных связей. Основной принцип этой классификации заключается в том, что механизм любой сложности можно получить, присоединив к одному или нескольким начальным звеньям и стойке кинематические цепи (структурные группы).

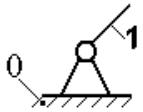
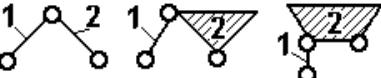
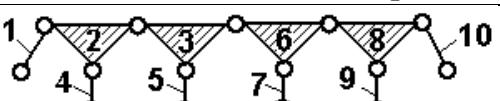
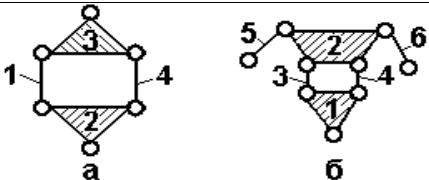
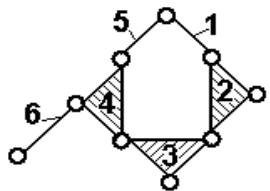
Структурные группы делятся на классы. Класс группы определяется числом сторон наиболее сложного замкнутого контура, входящего в ее состав. Порядок группы определяется числом свободных геометрических элементов КП, которыми группа присоединяется к основному механизму [5].

Примеры групп Ассура различных классов приведены в таблице 1.

Кинематическая схема механизма – это форма описания механизма, которая содержит информацию, необходимую для его кинематического анализа [6]. На кинематической схеме должно быть указано все, что необходимо для изучения движения. К такой информации относятся размеры, определяющие размещение геометрических элементов пар в звеньях, характер КП, форма геометрических элементов высших кинематических пар. Кинематическая схема механизма строится в выбранном масштабе с точным соблюдением всех размеров и форм, от которых зависит движение того или иного звена.

Таблица 1

### Примеры групп Ассура

Название	Обозначение
Механизм I-го класса	
Группа Ассура II-го класса 2-го порядка, II 2 (1,2)	
Группа Ассура III-го класса 3-го порядка, III 3 (2.1,3,4)	
Группа Ассура III-го класса 6-го порядка, III 3 (2.3.6.8.1,4,5,7,9,10)	
Группа Ассура IV-го класса 2-го порядка, IV 2 (2.3.1,4) (а) и 3-го порядка IV 3 (1.2.3,4,5,6) (б)	
Группа Ассура V-го класса 3-го порядка V 3 (2.3.4.1,5,6)	

На рисунке 3 приведен пример кинематической схемы кривошипно-ползунного механизма.

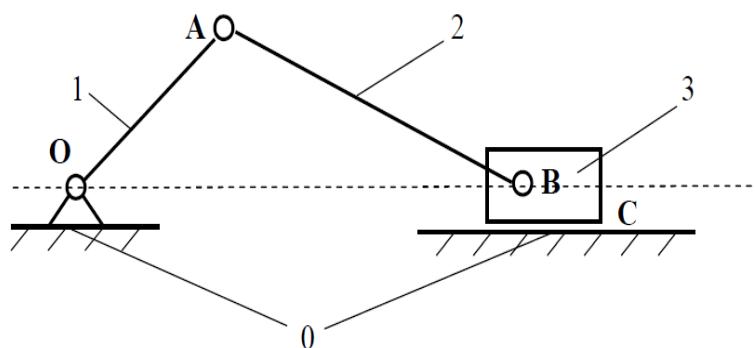


Рис. 3 Кинематическая схема кривошипно-ползунного механизма

Кривошипно-ползунный механизм состоит из трех подвижных звеньев и стойки. Согласно определению звено 1 – кривошип, звено 2 – шатун, звено 3 – ползун. Таким образом, звено 1 осуществляет непрерывное вращательное движение относительно точки О, звено 2 совершают сложное плоское движение, а звено 3 поступательное движение относительно стойки.

Точка **О** – вращательная КП которую образует кривошип 1 со стойкой 0.

Точка **А** – вращательная КП которую образует кривошип 1 с шатуном 2.

Точка **В** – вращательная КП которую образует шатун 2 с ползуном 3.

Точка **С** – поступательная КП которую образует ползун 3 со стойкой.

Построение кинематической схемы механизма по натуральному образцу начинают с изучения строения механизма – определяют количество звеньев и КП, названия звеньев и вид КП. После этого выбирают положение ведущего звена механизма, при котором наиболее четко прослеживается конфигурация его кинематической цепи, т.е. звенья по возможности не должны перекрывать друг друга. Итак, последовательность построения кинематической схемы включает в себя:

1. Начертание эскиза кинематической схемы в выбранном положении ведущего звена. Эскиз выполняется с соблюдением условных обозначений. Стойка на схеме обозначается заштриховкой геометрических элементов КП, которые образуют с ней подвижные звенья.

2. Выбор системы координат. За начало координат рекомендуется принимать центр одного из геометрических элементов КП (в большинстве случаев КП, которую образует кривошип и стойка), а оси целесообразно направлять вдоль осей симметрии.

3. Проведение обмера геометрических размеров, необходимых для построения кинематической схемы, а именно: координаты кинематических пар, образующих звенья со стойкой, и длины звеньев (расстояния между центрами осей вращательных КП). Результаты обмеров записываются в таблицу протокола.

4. В соответствии с выполненными измерениями изображается избранное положение механизма в масштабе.

На кинематической схеме нумеруются звенья (арабскими цифрами) и кинематические пары с одновременным обозначением их класса. Пары отмечаются римскими цифрами, а рядом, как нижний индекс, арабскими цифрами указывают класс пары. Например: вторая пара пятого класса –  $\text{II}_5$ . Нумерацию звеньев осуществляют, начиная с кривошипа, кратчайшим путем к исходному звену (ползуну) или до ближайшей точки стойки. Стойке присваивается номер «0». Тогда последний номер подвижного звена будет равняться числу подвижных звеньев механизма. Нумерация пар выполняется в той же последовательности. В некоторых механизмах несколько пар могут иметь

общую геометрическую ось. Количество пар в этом случае равно  $K-1$ , где  $K$  – количество звеньев, образующих этот узел. КП на схеме обозначаются, кроме номеров, еще и большими буквами латинского алфавита.

Если звенья образуют высшую кинематическую пару, то нужно определить форму геометрических элементов пары и ее положение по отношению к геометрическим элементам низших КП этих звеньев. Геометрическую форму указанных выше элементов чаще всего определяют путем отпечатка на бумаге кромок этих элементов.

Итак, подводя итог, следует отметить, что использование структурных и кинематических схем механизмов необходимо для оптимизации их конструкции и основных параметров, благодаря чему можно достичь максимальной отдачи машины любого функционального назначения, что особенно важно в условиях дефицита энергии, цветных металлов и т.д.

#### Литература:

1. Воскобойников Б.С., Гречиков М.И., Грушников В.А., Петрина А.М. Наиболее значимые мировые инновации в машиностроении // Компетентность. – 2018. – №2(153). – С. 34-44.

2. Канивец А.В., Канивец И.М., Горда Т.М. Особенности использования компьютерных технологий проектирования в отраслевом машиностроении // Colloquium-journal. – 2018. – №2-1(13). – С. 22-25.

3. Ермоленко В.А., Витчук П.В. Особенности расчета показателей надежности грузоподъемных машин // Надежность. – 2016. – №2. – С. 20-25.

4. Капшунов В.В., Григорьева А.С., Егорова А.А. Параметризованные кинематические схемы плоских рычажных механизмов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. - 2016. – Т. 1. – С. 345-349.

5. Тихонов А.Ф., Дроздов А.Н., Демидов С.Л. Принципы автоматизации управления рабочим механизмом грунтоуплотняющей машины // Механизация строительства. – 2016. – Т. 77. - №2. – С. 57-60.

6. Яруллин М.Г., Исянов И.Р., Мудров А.П. Кинематика плоского двухподвижного пятизвенного рычажного механизма // Современное машиностроение. Наука и образование. – 2016. – №5. – С. 297-305.

#### References

1. Voskoboinykov B. S., Gerchikov M. I., A. V. Grushnikov, Petrina A. M. the Most important global innovations in mechanical engineering // Expertise. - 2018. - №2(153). - Pp. 34-44.

2. Kanivets A.V., Kanivets I. M., Gorda T. M. Features of using computer-based design technologies in industrial engineering // Colloquium-journal. - 2018. - No. 2-1(13). - Pp. 22-25.

3. Ermolenko V. A., Witczak P. V. Peculiarities of calculation of reliability parameters of load-lifting machines // Reliability. - 2016. - No. 2. - Pp. 20-25.

4. Kapshunov V. V., Grigorieva A. S., Egorova

A. A. Parametrized kinematic schemes of flat lever mechanisms // Transport infrastructure of the Siberian region. - 2016. - Vol. 1. - Pp. 345-349.

5. Tikhonov A. F., Drozdov A. N., Demidov S. L. Principles of automation of control of the working mechanism of the soil-compacting machine / /

Mechanization of construction. - 2016. - Vol. 77. - No. 2. - Pp. 57-60.

6. Yarullin M. G., Isyanov I. R., Mudrov A. P. Kinematics of a flat two-moving five-link lever mechanism // Modern mechanical engineering. Science and education. - 2016. - No. 5. - Pp. 297-305.

## НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПО СОЗДАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ ГРАНУЛЯЦИИ ШЛАКОВ МЕДНОГО ПРОИЗВОДСТВА

DOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2020.4.71.600](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2020.4.71.600)

**Хасанов А.С.**

заместитель главного инженера по науке  
АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат»,  
г.Алмалык, Узбекистан

**Толибов Б.И.**

PhD, доцент кафедры «Металлургия»  
Навоийского государственного горного института,  
г.Навои, Узбекистан

**Сирожов Т.Т.**

ассистент кафедры «Металлургия»  
Навоийского государственного горного института,  
г.Навои, Узбекистан

**Ахмедов М.С.**

магистрант кафедры «Металлургия»  
Навоийского государственного горного института,  
г.Навои, Узбекистан

### АННОТАЦИЯ

Новые технологические процессы пирометаллургического обеднения шлаков решают вопросы либо интенсификации, либо безотходности. Для решения вопросов интенсификации используется перемешивание расплава механическим способом или газом. Используются фурмы с верхним дутьем, а также барботаж восстановительным газом в печах типа ПВ. На опытных установках получены приемлемые результаты, но задачи безотходности не решены

### ANNOTATION

New technological processes of pyrometallurgical depletion of slag solve issues of either intensification or wastelessness. To solve the problems of intensification, melt mixing is used mechanically or by gas. Top tuyere lances are used, as well as sparging with reducing gas in PV type furnaces. Acceptable results were obtained at pilot plants, but non-waste tasks were not solved.

**Ключевые слова:** шлаки, грануляция, барботаж, обеднение шлаков, гранулятор, гранулят, обжиг, десульфуризация, форсунки

**Keywords:** slag, granulation, bubbling, depletion of slag, granulator, granulate, firing, desulfurization, nozzle.

Для решения проблемы безотходной переработки могут быть использованы следующие способы: восстановительно-сульфидирующий, карбонтермический, способ обеднения восстановительно-сульфидирующим комплексом, цементационная плавка с коксовым слоем и перемешиванием расплавов.

Восстановительно-сульфидирующий способ включает в себя двухстадийное обеднение шлаков с использованием штейна второй стадии в качестве сульфидизатора для первой. Шлаки с содержанием меди менее 0,1% используются для переработки на чугун и кальциево-силикатный шлак, пригодный для производства строительных материалов [2].

Плазмохимические процессы не имеют никаких серьёзных преимуществ перед обычной электротермийей, хотя в этом направлении был проведен ряд исследований.

Карбонтермический способ основан на обеднении шлаков шихтой, состоящей из оксида

кальция и коксика. При температуре выше 1400°C идет образование карбидакальция, более эффективного восстановителя, чем коксик. При составе шихты, в которую входят 2-2,5% коксика и 12% известняка, были получены шлаки, содержащие 0,06-0,02% меди, и сплав, содержащий 6,9% меди.

Цементационный способ основан на взаимодействии шлака с чугуном, активность углерода в котором близка к единице. Способ характеризуется высокой скоростью реакций и более эффективным использованием восстановителя (углерода) при введении его в чугун, чем в шлак. Кроме того, решается вопрос о настылеобразовании при температуре ниже 1150°C, благодаря снижению температуры плавления извлекающей фазы за счет науглероживания [3].

Обеднение восстановительно-сульфидирующим комплексом (ВСК) включает в