

УДК 621.86.061

## ЛАБОРАТОРНЫЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ФРИКЦИОННОГО ЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА

Л.К. Похилько<sup>1</sup>, В.Н. Рубан<sup>2</sup>

<sup>1</sup> кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной механики, Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск, Украина

<sup>2</sup> ст. преподаватель кафедры прикладной механики, Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск, Украина,

e-mail: [kaf.prikmeh@metal.nmetau.edu.ua](mailto:kaf.prikmeh@metal.nmetau.edu.ua)

**Аннотация.** В работе представлены результаты исследований конструкции и работы фрикционных захватных устройств грузоподъемностью до 10000 Н и толщиной поднимаемых листов до 30 мм. Указанные захватные устройства применяются при различных подъемно-транспортных операциях (подъем листов и металлоконструкций и транспортировка их в вертикальном положении) на предприятиях горно-металлургической промышленности.

**Ключевые слова:** фрикционные захватные устройства, стальные листы, исполнительные органы: кулачек, клиновидный упор, испытания.

## LABORATORY AND INDUSTRIAL TESTS OF FRICTIONAL GRIPPING DEVICES

Leina Pokhilko<sup>1</sup>, Vladislav Ruban<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ph.D., assistant professor of applied mechanics department, National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine

<sup>2</sup>senior teacher of applied mechanics department, National metallurgical academy of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: [kaf.prikmeh@metal.nmetau.edu.ua](mailto:kaf.prikmeh@metal.nmetau.edu.ua)

**Annotation.** It is researched the construction and work the frictional gripping devices with load 10000 N and thickness of carried flat products up to 30 mm. The gripping devices are used at different lifting and transport operations (lifting and moving the flat products and metal frameworks) on the enterprises of mining and metallurgical industry.

**Keywords:** frictional gripping devices, flat products, executive links: cams, cone stop link, tests.

**Введение.** Существующие конструкции фрикционных захватных устройств имеют существенные недостатки: двухкулачковые захваты, развивая большие нормальные силы сжатия груза, ненадежны при динамических нагрузках и ограничены в толщине поднимаемых листов; захваты, зажимающие груз наклонными плоскостями (клиновидными упорами), обеспечивают большие силы трения, но не исключают заклинивания груза. Эти несовершенства отсутствуют в рассматриваемом захватном устройстве

(рисунок 1), основу которого составляют два механизма: кривошипно-коромысловый  $ДС_1B_1O_1$  и кривошипно-ползунный  $ДС_2B_2$ . Сочетание этих механизмов дает ряд преимуществ: коромысло – кулачек обеспечивает максимальную силу прижатия  $N$ , подвижный ползун-клин с насеченной (рифленой) поверхностью расширяет пределы толщин поднимаемых листов и увеличивает надежность захвата.

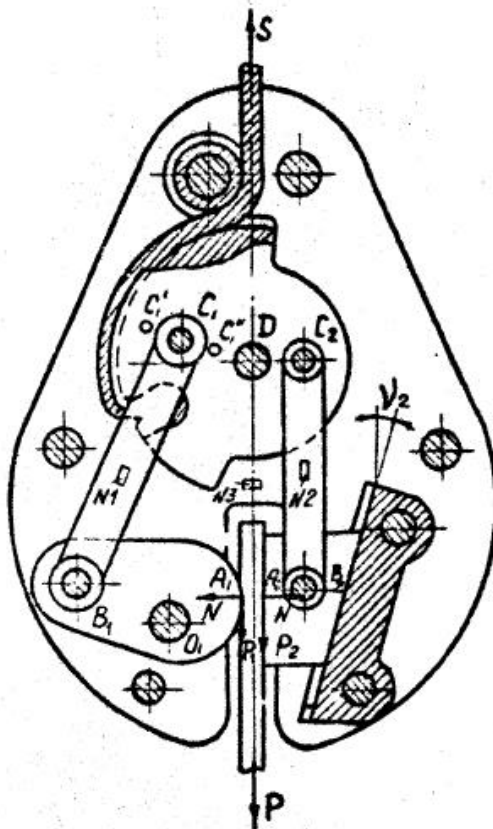


Рисунок 1 - Схема опытно-промышленного фрикционного захвата

Захватное устройство предназначено для подъема и перемещения стальных листов толщиной до 16 мм, массой до 3000Н и представляет собой механизм переменной структуры. В момент начала захвата вес груза  $Q$  можно считать распределенным на две составляющие  $P_1$  и  $P_2$ , приложенные в точках  $A_1$  и  $A_2$ ; при возможных перемещениях звеньев составляющие механизмы имеют одну степень свободы. В окончательной стадии захвата кулачек-груз-ползун превращаются в единое твердое тело, жестко связанное с корпусом захватного устройства, и последнее превращается в статически неопределимую систему.

**Цель работы.** Исследовались погрешности, допускаемые при кинето-статическом расчете статически неопределенных систем без учета сил трения в сравнении с реальными условиями работы; определялось оптимальное значение угла наклона  $\alpha_2$  направляющей, по которой скользит ползун (материал направляющей и ползуна - сталь); находилась область

неустойчивой работы захватного устройства и неравномерность распределения нагрузки по щекам и шатунам при возможных перекосах поднимаемых грузов. Ставилась также задача экспериментально определить оптимальное значение угла  $\nu_2$  и выявить область неустойчивой работы захватного устройства.

**Материал и результаты исследований.** Перед проведением испытаний фрикционного захватного устройства в эксплуатационных условиях проводились опыты на специальном стенде [1]. Конструктивно захват был выполнен со сменными шатунами-тягами и исполнительными органами (кулачком эвольвентного профиля и клиновидным упором) с различными параметрами насечки на исполнительных органах. Датчики сопротивления регистрировали растяжение двух составляющих шатунов  $C_1B_1$  (датчик №1), сжатие двух составляющих шатунов  $C_2B_2$  (датчик №2) и растяжение щек захвата (датчик №3), что позволило определить усилие распора  $N$ . При испытаниях менялись следующие параметры: угол клиновидного упора  $\nu_2$  (от 5 до 20°), масса груза (от 5 до 5000Н), толщины и твердости поднимаемого груза (от 50 до 250 НВ), распределение центра шарнира  $C_1$  (точки  $C'_1$  и  $C''_1$ ), параметры насечки.

В момент начала захвата вес груза  $P$  распределяется на две составляющие  $P_1$  и  $P_2$  ( $P_1 = P_2 = P/2$ ), приложенные в точках  $A_1$  и  $A_2$ , при возможных перемещениях звеньев составляющие механизмы имеют одну степень свободы. Типичная осциллограмма испытаний представлена на рисунке 2.

После обработки осциллограмм было установлено, что усилия в тягах отличаются от расчетных на 5-10%, а максимальная неравномерность нагрузки по щекам и тягам составляет 3:1.

Значительный практический интерес представляет анализ зависимости силы  $N$  от веса груза  $P$ , угла клиновидного упора  $\nu_2$  и разных параметров насечки (рисунки 3, 4).

Прямые 1-6 характеризуют изменение реакции упора  $N$  при изменении груза  $P$  при нагружении, а прямые 1' - 6' - тоже самое, но при разгрузке захвата. Насечка на исполнительных органах составляла  $\beta + \rho < \pi/2$ . С уменьшением нагрузки  $P$  реакция упора  $N$  сохранила свое значение и только при достижении силой  $P$  определенной величины (точки  $A_1 - A_6$ ) реакция  $N$  резко снижалась. Наличие такого гистерезиса положительно сказывается на работе захвата, препятствуя срыву груза при случайных уменьшениях нагрузки  $P$ , например, при ударах.

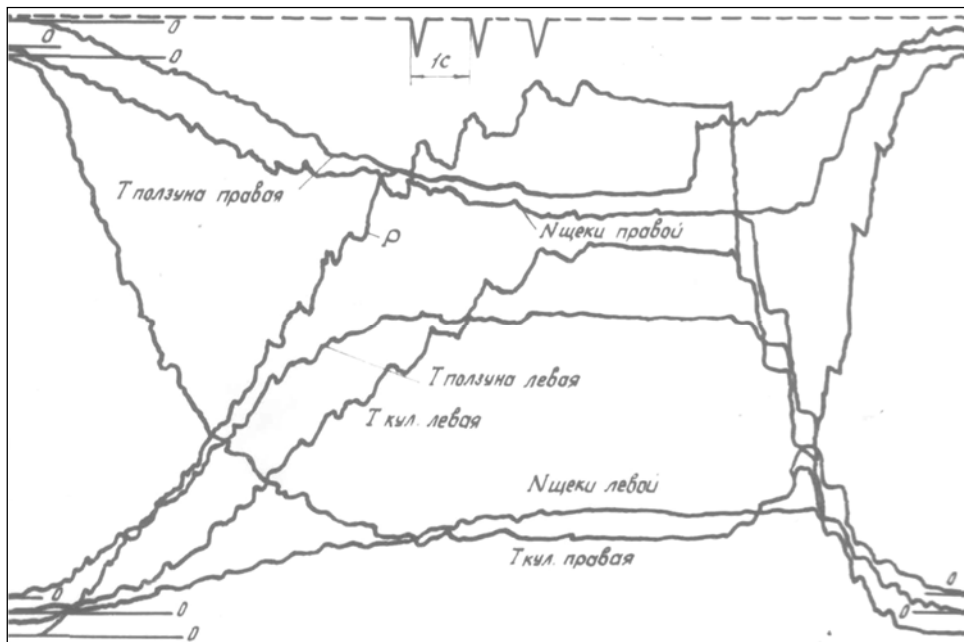


Рисунок 2 - Осциллограмма испытаний

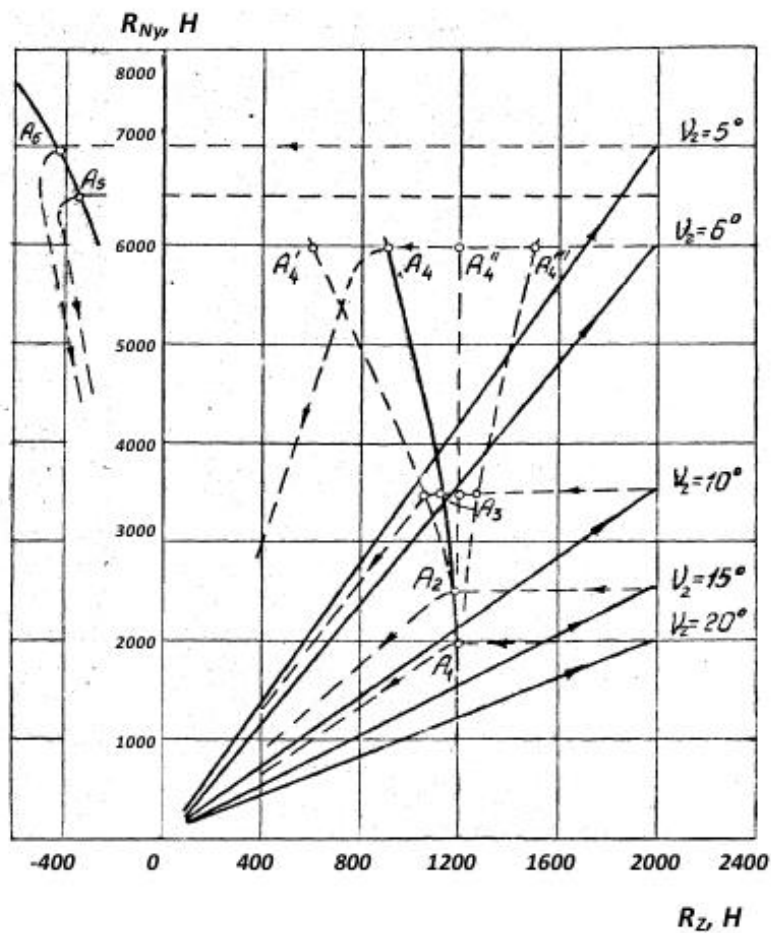


Рисунок 3 – Зависимость сил захвата от угла наклона клиновидного упора

С уменьшением  $\nu_2$  до  $10^\circ$  положение точки А менее устойчиво, а при  $\nu_2 = 5 \div 7^\circ$  устойчивость работы захвата полностью нарушалась, разгрузка начиналась в точках  $A_4, A'_4, A''_4, A'''_4$  наблюдалось заклинивание груза. В этом случае реакция упора  $N$  сохраняла свою величину даже при условии  $P=0$  (прямые  $5'$  и  $6'$ ). Для освобождения груза необходимо было приложить отрицательную нагрузку, т.е. выталкивать груз в обратном направлении (точки  $A_5, A_6$ ). Стабильная работа захвата, при наличии гистерезиса, в период снижения нагрузки  $P$  до 40% наблюдалась в пределах  $\nu_2 = 15 \div 20^\circ$ . Однако заклинивание груза зависит не только от значения угла клиновидного упора  $\nu_2$ .

Характер изменения кривых нагрузки и разгрузки при работе насечечных исполнительных органов в значительной степени определяется также параметрами насечки: суммой углов  $\beta + \rho$  и механическими свойствами груза (в основном твердостью), (рисунок 4). Здесь  $\beta$  - угол встречи передней грани зуба насечки с грузом,  $\rho$  - угол трения.

В случае наиболее стабильной работы захвата ( $\nu_2 = 20^\circ$ ) при  $\beta + \rho < \pi/2$  наблюдалась задержка снижения силы  $N$  в начале разгрузки захвата; при  $\beta + \rho = \pi/2$  - кривые нагрузки и загрузки практически совпадали; при  $\beta + \rho > \pi/2$  - разгрузка идет быстрее загрузки. Эти данные вполне соответствуют силовым взаимодействиям исполнительных органов с грузом, рассмотренными ранее [2, 3, 4].

Характер нагрузки и разгрузки захвата определяется соотношением реакции упора и силы трения, поэтому с практической точки зрения, необходимо, чтобы насечка на исполнительных органах отвечала условию  $\beta + \rho < \pi/2$ . При этом углы встречи  $\beta$  и трения  $\rho$  находились в условии  $\text{tg}\beta \cdot \text{tg}\rho = 0,8 \div 0,9$ , а угол наклона направляющей  $\nu_2 = 15 \div 20^\circ$ , что обеспечивает надежную и стабильную работу захватного устройства и предотвратит заклинивание исполнительных органов.

Следует отметить, что установленные требования к параметрам насечки должны выполняться и для других кинематических схем захватов (например двухкулачковых), в которых нет клинового ползуна. Необходимая для безопасного обслуживания задержка разгрузки обеспечивается геометрическими параметрами насечки в месте контакта исполнительных органов.



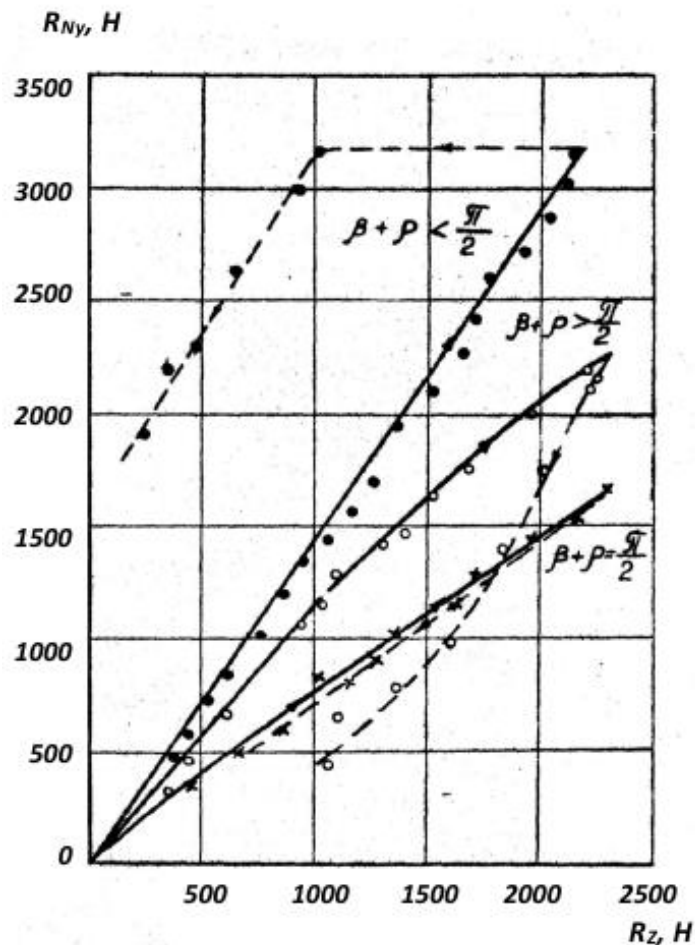


Рисунок 4 – Реакции упора при нагрузке и разгрузке в зависимости от параметров насечки исполнительного органа

После испытаний опытного образца фрикционного захвата проект был скорректирован в соответствии с данными стендовых испытаний. Новый образец полуавтоматического фрикционного захвата для стальных листов был изготовлен и имел следующую техническую характеристику:

1. Грузоподъемность – до  $10000H$ .
2. Толщина поднимаемых листов -  $5\div 30$  мм.
3. Твердость металла груза, НВ -  $50\div 200$  НВ.
4. Исполнительные органы:
  - гладкий кулачок –  $R=60$ мм;
  - клиновидный упор, угол клина -  $\nu_2 = 20^\circ$ .
5. Оптимальные параметры насечки -  $\operatorname{tg}\beta \cdot \operatorname{tg}\rho = 0,85$ .
6. Габариты, мм –  $300 \times 220 \times 100$ .
7. Масса –  $1200H$ .

Промышленные испытания фрикционного захвата проводились с целью установления соответствия его правилам устройств и безопасной экс-

платации грузозахватных кранов [5] и выявлению технико-экономических преимуществ перед существующими захватами того же назначения.

Программой испытаний предусматривалась проверка работы захвата в статических и динамических условиях под нагрузкой, равной 1,25 номинальной. Кроме обязательных испытаний в программу включались дополнительные исследования, основная цель которых заключалась в организации повышенных динамических нагрузок для создания искусственных условий самопроизвольного срыва груза. Для этого на поднятый захватом стальной лист твердостью 80HV воздействовали боковым и торцевыми ударами, бросали лист торцом с высоты 4-5 м и быстро поднимали, резко ослабляли стропы. За счет асимметричной подвески листа осуществлялась ориентация захватного устройства с грузом под углом 40-45° (рисунок 5).

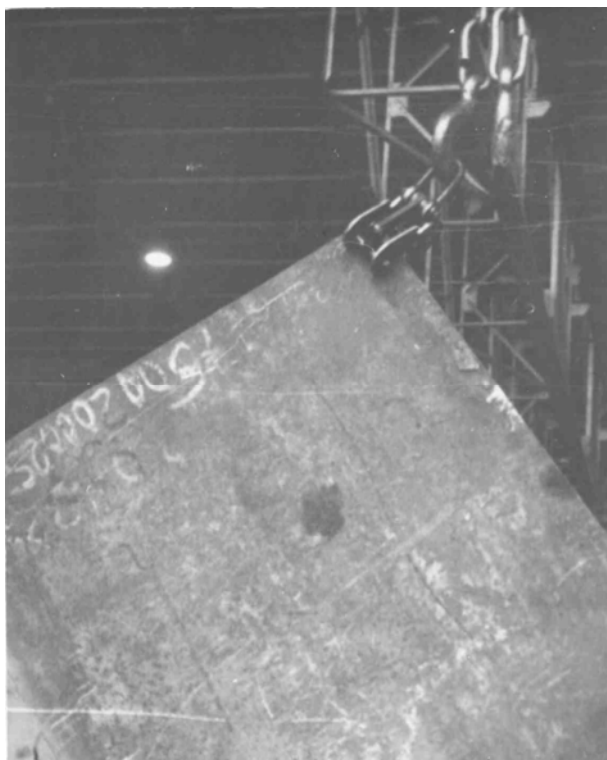


Рисунок 5 – Промышленные испытания фрикционного захватного устройства

Вызвать срыв груза не удалось. Не наблюдалось также остаточных деформаций в элементах устройства и на рабочих поверхностях исполнительных органов, контактная поверхность металла груза со стороны кулачка оставалась не поврежденной. Зубья насечки клиновидного упора проникали в металл груза на глубину  $0,15 \div 0,2$  мм.

При захвате листа фрикционным устройством действие подкранового рабочего ограничивались наведением зева захвата на лист и соответствующего перемещения рукоятки для привода механизма усилия – прижима



исполнительных органов к листу. По окончании работы рукоятка вручную перемещалась в обратную сторону и лист свободно выходил из зева захвата.

Механизм усиления прижима позволил поднимать листы из вертикального и горизонтального положений без ориентации захвата по центру тяжести груза.

Испытания показали достаточно высокую надежность захвата груза, рациональный уровень механизации выполнения операций для производственных условий, возможность подъема и складирования листов в горизонтальном положении.

Захват описанной конструкции может быть рекомендован для применения при монтаже крупных металлургических агрегатов, металлоконструкций, производственных сооружений, особенно в условиях механизации ремонтных работ не только на предприятиях металлургического и коксохимического производства черной металлургии и других отраслях промышленности.

#### **Выводы.**

1. При разработке новых конструкций фрикционных захватных устройств необходимо совмещать функции, выполняемые вспомогательными механизмами. Это упрощает конструкцию и повышает ее надежность.

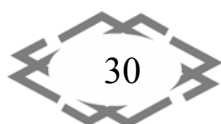
2. Как показали лабораторные и промышленные испытания, совершенствовать конструкции захватного устройства более целесообразно, связывая исполнительные органы – кулачки с плоскими упорами. Такое решение препятствует скольжению груза и снижает возможность его срыва при захвате и освобождении груза.

3. Надежность работы фрикционного захватного устройства определяется соответствием профиля исполнительных органов, механическим свойствам металла груза и повышается с уменьшением суммы углов  $\beta + \rho$ ; при этом стабильная работа захвата возможна при  $\beta + \rho = 80 \div 85^\circ$ ; а в случае использования клиновидного ползуна, угол клина должен составлять  $15^\circ \div 20^\circ$ .

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Кирилюк В.Д., Трушин А.В., Похилько Л.К., Хмиленко В.С. Стенд для испытаний кулачковых захватов. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1972. - №4. – С. 58-59.

2. Похилько Л.К., Коваль И.Ю. Теоретическая зависимость угла трения от параметров исполнительных органов фрикционных захватов. // Теория и практика металлургии. – 2011. - №5-6. – С. 75-77.





3. Зорев Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов. – М., Машгиз. - 1956. – 367 с.
4. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов. Высшая школа. – 1985. – 304 с.
5. НПАОП 0.00-1.01-07. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідійомних кранів. Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. – Держгірпром нагляд. – 2007. - №132. – 191 с.

УДК 621.373 – 187.4

## О ПОВЫШЕНИИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ F-МЕТРА ДЛЯ УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ

**Н.И. Твердоступ**

кандидат технических наук, доцент кафедры электронных вычислительных машин, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [tnik72@mail.ru](mailto:tnik72@mail.ru)

**Аннотация.** Определены условия повышения чувствительности к изменению индуктивности параметрического датчика магнетита, включенного в резонансный контур измерительного генератора F-метра на основе линейной комбинированной операционной схемы.

**Ключевые слова:** индуктивность, сопротивление, импеданс, датчик, генератор, комбинированная операционная схема, приращение частоты, компенсация, чувствительность, F-метр, магнетит.

## ABOUT SENSITISATION F-METER FOR DEVICES OF CONTROL OF QUALITY OF IRON-ORE RAW MATERIAL

**Nikolay Tverdostup**

Ph.D., associate professor of department of electronic calculable machines, the Dnepropetrovsk national university of the name Olesya Gonchara, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: [tnik72@mail.ru](mailto:tnik72@mail.ru)

**Abstract.** The terms of sensitization are certain to the change of inductance of self-reactance sensor of the magnetite plugged in the resonant contour of measuring generator of F-meter on the basis of the linear combined operating chart.

**Keywords:** inductance, resistance, impedance, sensor, generator, combined operating chart, increase of frequency, indemnification, sensitiveness, F-meter, magnetite.

**Введение.** В устройствах экспрессного контроля качества железорудного сырья широко используют метод F-метра, позволяющий до-