

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОНАСОСОВ КОМБИНИРОВАННЫМ УПРОЧНЕНИЕМ

Поletaев В.А., Голяс А.А.

Ключевые слова: шероховатость, износ, качество поверхности, поверхностный слой, упрочнение, алмазное выглаживание, электронасос.

Аннотация. Рассмотрены вопросы процесса упрочнения деталей агрегатов электронасосных центробежных скважинных для воды комбинированным способом, состоящим в нанесении покрытия из ультраалмазов, алмазном выглаживании поверхности, импульсной магнитной обработки. Одним из наиболее эффективных способов поверхностного пластического деформирования металлов является алмазное выглаживание, позволяющее повысить точность и качество обрабатываемых поверхностей. Приведены результаты исследования деталей электронасосов на износостойкость.

IMPROVING THE QUALITY OF MANUFACTURING ELECTRIC PUMP DETAILS BY COMBINED HARDENING

Poletaev V.A., Golyas A.A.

Keywords: roughness, wear, surface quality, surface layer, hardening, diamond smoothing, electric pump.

Abstract. The issues of the process of hardening parts of electric centrifugal downhole pump assemblies for water combined hardening, consisting in the coating of ultradiamonds, diamond surface smoothing, pulse magnetic treatment are considered. One of the most effective methods of surface plastic deformation of metals is diamond smoothing, which allows to increase the accuracy and quality of the surfaces being processed. The results of the study of parts of electric pumps for wear resistance are given.

Повышение качества изготовления агрегатов электронасосных центробежных скважинных для воды имеет важное народно-хозяйственное значение. Агрегат состоит из центробежного насоса и нагруженного электродвигателя. Электродвигатели с высокими эксплуатационными характеристиками обеспечивают бесперебойную и эффективную работу электронасосов.

В большинстве случаев электродвигатели и насосы выходят из строя вследствие износа нагруженных деталей (валов, втулок и т.д.) при их контакте с резинометаллическими подшипниками и жидкостью, проходящей через элементы электронасоса. При этом у электродвигателей разрушается только рабочая поверхность деталей (втулки, валы), которая контактирует с подшипниками и с жидкой массой. В основном эти детали изготавливают из дорогостоящих сталей – 40X13 и 12X18H10T. Качество поверхности из этих сталей уже нельзя существенно увеличить за счет легирования или термической обработки.

Поэтому дальнейшее улучшение качества рабочих поверхностей деталей агрегатов возможно только за счет замены марок сталей 12X18H10T и 40X13 другими марками, например сталь 45 (более дешевая), и применения комбинированного упрочнения. Эксплуатационные характеристики деталей

определяются качеством поверхностного слоя. В тонком поверхностном слое возникают усталостные трещины, происходят процессы коррозии и начинается изнашивание. На процессы изнашивания при контактном взаимодействии будут оказывать влияние как геометрические характеристики поверхностного слоя (макро-отклонения, волнистость, шероховатость), так и физико-механические свойства (твердость и остаточные напряжения, глубина и степень деформационного упрочнения, структурное состояние металла).

Одним из эффективнейших методов упрочнения является поверхностное пластическое деформирование, которое существенно изменяет состояние и свойства поверхностных слоев [1]. Выглаживание заключается в пластическом деформировании обрабатываемой поверхности скользящим по ней инструментом – выглаживателем.

На рис. 1. показана конструкция алмазного выглаживателя, состоящего из индикатора 1, державки 2, алмазного наконечника 3. Алмазный наконечник изготовлен из искусственного алмаза весом 0,8 карат, радиус вершины 3 мм.

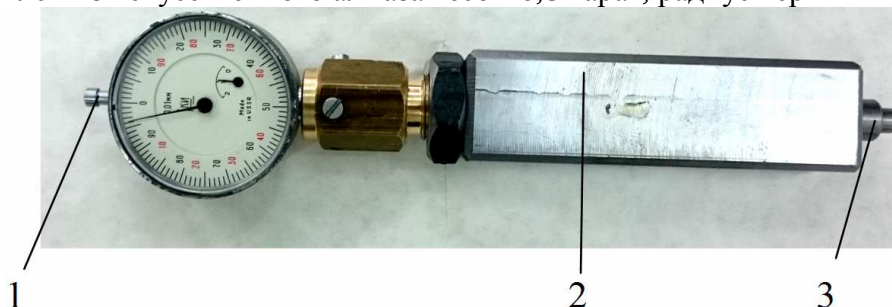


Рис. 1. Алмазный выглаживатель: 1 – тарированный индикатор; 2 – державка; 3 – алмазный наконечник

На рис. 2. представлена фотография алмазного наконечника, а на рис. 3. – фотография обработки деталей алмазным выглаживанием на токарном станке.



Рис. 2. Фотография алмазного наконечника

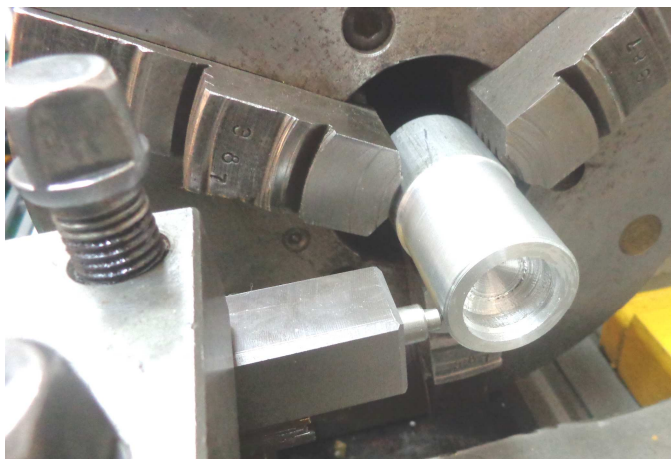


Рис. 3. Фотография обработки детали алмазным выглаживанием на токарном станке

Технология упрочнения алмазным выглаживанием включает следующие этапы:

- токарная обработка (точение) при режимах: $n = 800$ об/мин, $S = 0,15$ мм/об;

- алмазное выглаживание при режимах: $n = 200$ об/мин, $S = 0,015$ мм/об, сила выглаживания – 200 Н.

Для упрочнения деталей импульсной магнитной обработкой использовалась установка, изготовленная в Ивановском государственном энергетическом университете [2]. Обработка втулок импульсным магнитным полем проводилась напряженностью 800 кА/м, количеством импульсов – 3, длительностью импульса – 0,1 с, промежутком времени между импульсами – 1с.

Для реализации технологии получения хромированных покрытий использовалось специальное оборудование, включающее ванну хромирования, резервуар, циркуляционный насос, фильтры и трубопроводы [3].

Испытания на износ покрытий и поверхностей деталей проводились на установке (рис. 4) [4]. Державка устанавливается в динамометр с индуктивными датчиками, смонтированном на токарном станке 16К20). Контртело (пруток сечением 10×10) изготовлено из серого чугуна состава. Контактная с деталью поверхность 3 выполнена вогнутой цилиндрической в зависимости от диаметра исследуемой детали. Скорость вращения детали 100-200 об/мин. Во время испытаний измерялось усилие трения при помощи показывающего прибора и количество циклов контакта (количество оборотов детали). Через заданные промежутки времени (1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20 мин) и после износа изнашиваемые детали снимались с экспериментальной установки и поверхности износа фотографировались на модернизированном металлографическом микроскопе МИМ-8 цифровой камерой.

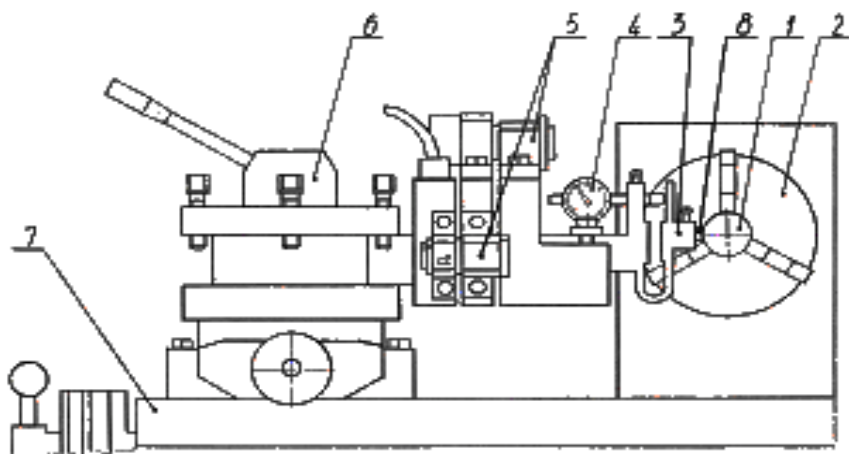


Рис. 4. Схема экспериментальной установки: 1 – образец; 2 – шпиндель станка; 3 – динамометр; 4 – стрелочный индикатор; 5 – державку; 6 – резцедержатель станка; 7 – салазки; 8 – контртело

Взвешивание деталей для определения величины съема металла выполнялось на весах модели METTLER TOLEDO с точностью измерения 0,000001 г; класс точности – по ГОСТ 24104-МПМ03М762/1. Испытания на износ покрытий и поверхностей деталей проводились до достижения критического числа N циклов (оборотов) деталей, требовавшегося для катастрофического разрушения хромовых покрытий и поверхностей деталей без покрытия.

На рис. 5 – 7 представлены гистограммы изменения критического числа N циклов износа деталей в зависимости от метода упрочняющей обработки. На рис. 8-12 показаны микрофотографии износа поверхностей роторных втулок из стали 45, 12X18H10T и 40X13 (увеличение $\times 2500$). Обозначение: ТО – термообработка, АВ – алмазное выглаживание, МИО – магнитно-импульсная обработка, УА – ультраалмазное покрытие [5-6].

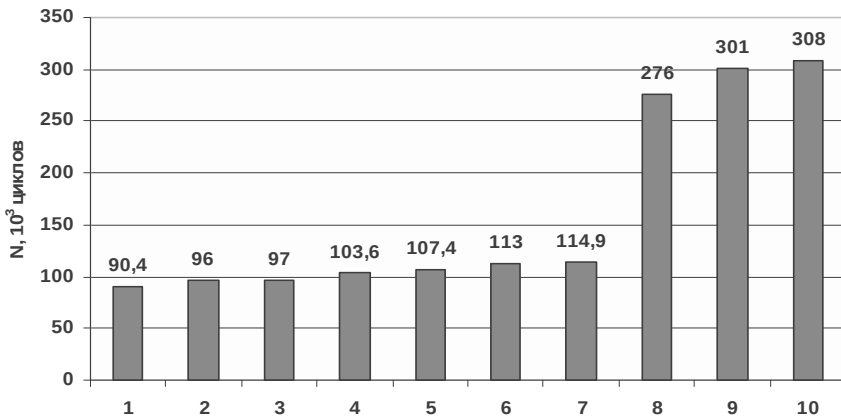


Рис. 5. Влияние метода упрочнения на износ поверхности детали из стали 45: 1 – (исходная) точение; 2 – точение + АВ; 3 – точение + АВ + МИО; 4 – ТО; 5 – ТО + МИО; 6 – ТО + АВ; 7 – ТО + АВ + МИО; 8 – УА; 9 – УА + АВ; 10 – УА + АВ + МИО

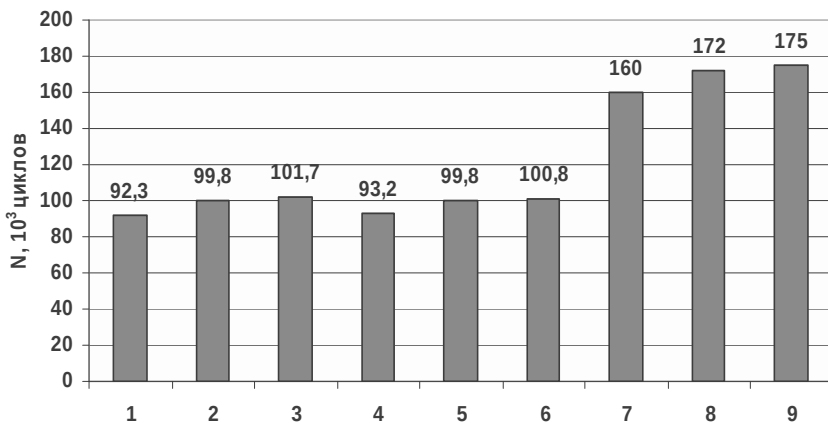


Рис. 6. Влияние метода упрочнения на износ поверхности детали из стали 12X18H10T: 1 – точение; 2 – точение + АВ; 3 – точение + АВ + МИО; 4 – шлифование; 5 – шлифование + АВ; 6 – АВ + МИО; 7 – ТО; 8 – ТО + АВ; 9 – ТО + АВ + МИО

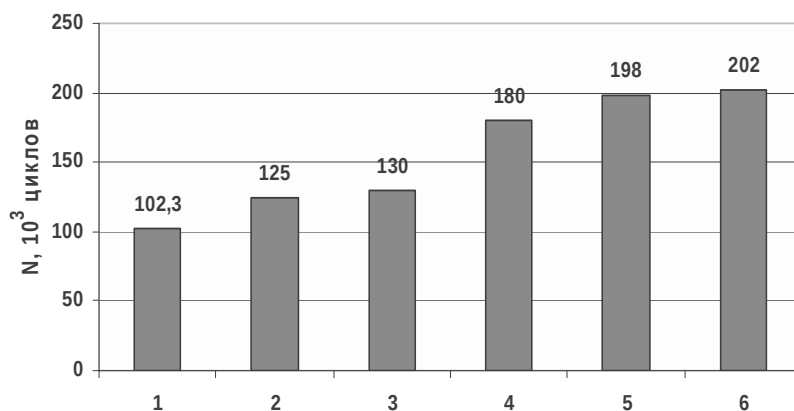


Рис. 7. Влияние метода упрочнения на износ поверхности детали из стали 40X13: 1 – точение; 2 – точение + АВ; 3 – АВ + МИО; 4 – ТО; 5 –ТО + АВ; 6 – ТО + + АВ + МИО

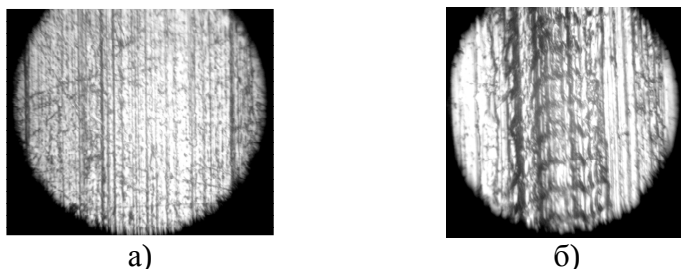


Рис. 8. Микрофотографии износа поверхности детали из стали 45:
а – исходное после точения и последующего алмазного выглаживания;
б – после износа

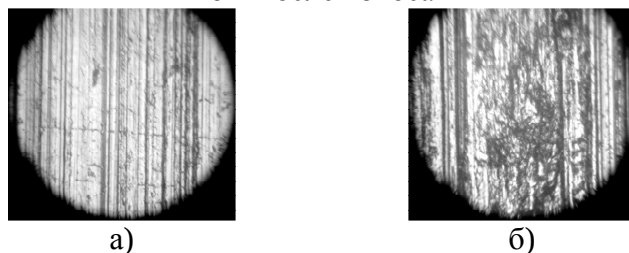


Рис 9. Микрофотографии износа поверхности детали из стали 12X18H10T:
а – исходное после точения и последующего алмазного выглаживания;
б – после износа

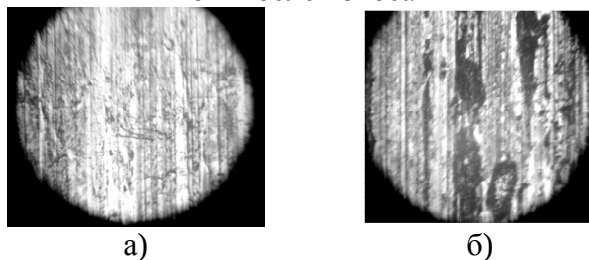


Рис. 10. Микрофотографии износа поверхности детали из стали 40X13:
а – исходное после точения и последующего алмазного выглаживания;
б – после износа

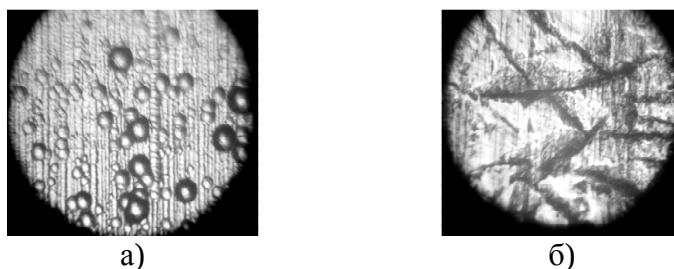


Рис. 11. Микрофотографии износа поверхности детали из стали 45:
а – исходное после гальванопокрытия из хрома с ультраалмазами;
б – после износа

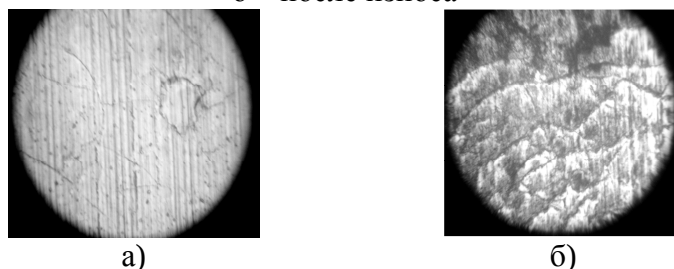


Рис. 12. Микрофотографии износа поверхности детали из стали 45:
а – исходное после гальванопокрытия из хрома с ультраалмазами и
последующего алмазного выглаживания; б – после износа

Процесс изнашивания состоит из явлений взаимодействия поверхностей контакта двух тел. Эти явления не обязательно идут последовательно – они непрерывно переплетаются, взаимно влияя друг на друга. При этом взаимодействия поверхностей при их относительном перемещении изменяются. Разрушение поверхности не охватывает одновременно всю поверхность, оно происходит в отдельных ее участках. Взаимодействие поверхностей в данном случае механическое и молекулярное. Механическое взаимодействие выражается во взаимном внедрении шероховатостей в совокупности с их соударением и скольжением. Молекулярное взаимодействие металлических поверхностей проявляется в виде схватывания. На фотографиях видны следы механического взаимодействия (полосы) и схватывания (язвины).

Анализ фотографий изнашивания сталей 45, 12Х18Н10Т, 40Х13 упрочненных различными способами, показывает, что характер такого изнашивания свойственен всем исследуемым видам упрочнения. Отличительной особенностью является только время (количество циклов) изнашивания, которое в большей мере определяется начальными условиями процесса изнашивания. Обработка импульсным магнитным полем также увеличивает количество циклов изнашивания за счет изменения физико-механических свойств исходного материала.

Анализ фотографий изнашивания поверхностей втулок с гальванопокрытием из хрома и ультраалмазов показывает, что исходная поверхность, покрытая хромом с ультраалмазами, имеет выступы (рис.11, а), а

после обработки алмазным выглаживанием этих выступов нет (рис. 12, а), так как они вдавлены в поверхность алмазным выглаживанием. На поверхности покрытия присутствует сетка трещин, что является типичным для хромового покрытия. Трещины образуются в процессе электроосаждения в результате концентрации внутренних напряжений. Исследованиями установлено, что на ранних стадиях испытания на износ изнашиваются вершины выступов, а затем уже сама поверхность покрытия. Это соответствует началу роста коэффициента трения. В дальнейшем идет приработка поверхностей и коэффициент трения не изменяется. Далее под действием внешней нагрузки исходные трещины в хромовом покрытии растут с образованием новых трещин. Развитие процесса изнашивания приводит вначале к локальному разрушению покрытия, а затем к общему его разрушению. Это разрушение происходит на основе усталостного механизма. Существует связь между исходной поверхностью (твердость и шероховатость), образованием трещин как на начальной, так и конечной стадиях износа.

Алмазное выглаживание гальванопокрытия приводит к «залечиванию», т.е. заглаживанию исходных трещин, образовавшихся после электроосаждения (рис. 12, а). Поэтому новые трещины образуются на более поздней стадии изнашивания. Импульсная магнитная обработка измельчает исходную структуру и увеличивает плотность дислокаций, что препятствует распространению микротрещин внутри зерен.

Заключение

Проведенные исследования износостойкости деталей из сталей 45, 12X18H10T, 40X13, обработанных как по отдельности точением, алмазным выглаживанием, нанесением покрытий из ультраалмазов, импульсной магнитной обработкой, так и комбинированным способом, показали увеличение износостойкости деталей во всех случаях. Однако предпочтительней комбинированное упрочнение деталей из стали 45, что дает возможность замены дорогостоящих сталей 12X18H10T, 40X13 на дешевую сталь 45 последующей комбинированной обработкой.

Список литературы

1. Полетаев В.А. Исследование механических свойств деталей электронасосов, упрочненных комбинированным способом // В.А. Полетаев, Г.С. Самок, Г.С. Королькова // Вестник ИГЭУ. – 2008. – Вып. 3 С. 22-25.
2. Полетаев В.А. Влияние импульсной магнитной обработки на физико-механические свойства углеродистой стали / В.А. Полетаев, И.З. Басыров, Г.С. Самок // Действие электромагнитных полей на пластичность и прочность материалов: мат. междунар. конф. – Воронеж: ВГТУ, 2003. – С.134-136.
3. Самок Г.С. Упрочнение деталей электронасосов путем нанесения покрытий на основе хрома и ультраалмазов / Г.С. Самок, В.А. Полетаев // Современная электротехнология в промышленности центра России: сб. тр. – Тула: ТулГУ, 2003. – С. 156-158.

4. Полетаев В.А. Исследование деталей электронасосов, упрочненных комбинированным способом, на износостойкость / В.А. Полетаев, Г.С. Самок, Г.С. Королькова // Вестник ИГЭУ. Вып.3. 2009. С. 17-19.
5. Полетаев В.А. Повышение качества поверхностей трения деталей электронасосов / В.А. Полетаев, П.В. Пучков // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2015 – № 9. – С. 74 -76.
6. Полетаев В.А. Исследование механических характеристик поверхностного слоя деталей электронасосов, упрочненных алмазным выглаживанием / В.А. Полетаев, Е.В. Шпенькова, А.А. Голяс // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2017. – №7. – С. 311-317.

References

1. Poletaev V.A. Study of the mechanical properties of parts of electric pumps strengthened by a combined method // V.A. Poletaev, G.S. Females, G.S. Korolkova // Bulletin of ISEU. 2008. Vol. 3. P. 22-25.
2. Poletaev V.A. Effect of pulsed magnetic treatment on the physico-mechanical properties of carbon steel / V.A. Poletaev, I.Z. Basyrov, G.S. Females // Effect of electromagnetic fields on plasticity and strength of materials: mat. international Conf. Voronezh: VSTU, 2003. P. 134 - 136.
3. Females G.S. Hardening of parts of electric pumps by coating on the basis of chromium and ultradiamonds / G.S. Females, V.A. Poletaev // Modern Electrotechnology in the Industry of the Center of Russia: Coll. works. Tula: TSU, 2003. P. 156 - 158.
4. Poletaev V.A., Investigation of parts of electric pumps, strengthened by a combined method, for wear resistance. / V.A. Poletaev, G.S. Females, G.S. Korolkova // Vestnik ISPU. Issue 3. 2009. P. 17-19.
5. Poletaev V.A. Improving the quality of friction surfaces of parts of electric pumps. / Poletaev V.A., Puchkov P.V. // Factory laboratory. Diagnostics of materials. 2015. № 9. P. 74-76.
6. Poletaev V.A., Shpenkova E.V., Golyas A.A. Study of the mechanical characteristics of the surface layer of parts of electric pumps hardened with diamond smoothing / V.A. Poletaev, E.V. Shpenkova, A.A. Golyas // Assembly in mechanical engineering, instrument-making: journal. 2017. No. 7. P. 311-317.

Полетаев Владимир Алексеевич – доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения, poletaev@tam.ispu.ru	Poletaev Vladimir Alekseevich – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Mechanical Engineering Technology, poletaev@tam.ispu.ru
Голяс Антон Андреевич – аспирант кафедры технологии машиностроения, flankerd@mail.ru	Golyas Anton Andreevich – graduate student of mechanical engineering technology, e-mail: flankerd@mail.ru
Ивановский государственный энергетический университет имени В.И.Ленина, г. Иваново, Россия	Ivanovo State Power University named after V.I. Lenin, Ivanovo, Russia

Received 12.03.2019