

УДК 621.771.

Огинский И. К.
Ремез О. А.
Самсоненко А. А.
Бояркин В. В.

ОПЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПРОКАТКЕ В КАЛИБРАХ

Опережению при прокатке отводится заметная роль, несмотря на то, что его величина в большинстве случаев составляет всего несколько процентов. В ранних исследованиях отношение к практической значимости опережения было несколько иным, нежели в настоящее время, в большей степени преследовался научный интерес. С развитием непрерывной прокатки отношение к опережению изменилось, исследователи отводят ему решающую роль при определении скоростных режимов на непрерывных станах, сохраняется и теоретический интерес. Головин А. Ф. в своей работе [1] утверждал, что знание природы опережения облегчает понимание процесса прокатки. Значимость опережения как критерия познания сохраняется, вместе с тем, многие его проявления во взаимосвязи с другими параметрами продолжают оставаться недостаточно раскрытыми. Подтверждением этому является высказывание автора [2]: «Явления опережения, отставания, вытяжки уширения, их взаимодействие и взаимозависимость исследовали и теоретически, и экспериментально уже в течение длительного времени. Тем не менее, по этим вопросам однозначного мнения пока не достигнуто. Некоторые же зависимости вообще не могут быть объяснены с точки зрения основных положений современной теории прокатки». Вопрос углубления знаний о природе опережения и его участия в других нерешенных задачах теории прокатки продолжает оставаться актуальным и в настоящее время [3–5]. Более глубокое представление об опережении имеет и практическую значимость, поскольку позволяет повысить точность определения технологических параметров. Для случаев прокатки в калибрах опережение имеет еще большую неопределенность и одновременно значимость, по этой причине сохраняется необходимость дальнейших исследований в этой области знаний.

Целью настоящей работы является анализ существующих взглядов на роль опережения при прокатке, уточнение применимости существующих методов расчета кинематических параметров на его основе, разработка предложений по совершенствованию методов расчета скоростных режимов прокатки.

Перемещение металла на контактной поверхности в целом как явление представляет собой сложную многофакторную картину. На достаточно раннем этапе развития теории прокатки сформировалось мнение, что оно всецело возникает как проявление действия сил внешнего трения. При этом считается, что процесс прокатки обеспечивается за счет сил трения в зоне отставания. По Павлову И. М. [6] образование опережения является проявлением «излишка развиваемой силы трения». Подобные мнения о причинах появления опережения продолжают существовать и в настоящее время, практически все авторы (исключение составляют те, которые никак не затрагивают этот вопрос) считают, что в зоне отставания действуют активные силы трения, втягивающие (или вталкивающие) металл в зев валков, а в зоне опережения, наоборот – силы тормозящие. Более глубоких и полных представлений о явлениях, происходящих в очаге деформации, не создано. При рассмотрении картины продольного течения металла в очаге деформации, проводится аналогия с другими видами обработки металлов давлением – для объяснения механизма опережения в качестве аналога используют осадку между параллельными или наклонными плитами. Характер перемещения металла при осадке (от центра к периферии) переносят на установившийся процесс прокатки. Считают, что согласно закону наименьшего сопротивления, металл перемещается в обе стороны от плоскости раздела. Отсюда сформировалось мнение, что при прокатке металл течет по обе стороны от некой границы раздела, которую стали называть нейтральным сечением. О неприменимости аналогов из других видов обработки металлов давлением для объяснения процессов прокатки говорилось еще В. Ф. Баюковым в работе [7], тем не менее, подход к объяснению опережения на основе осадки закрепился в теории прокатки.

Опережение является проявлением скрытых (внутренних) процессов, происходящих в очаге деформации, и на сегодняшний день отсутствует достоверное описание даже качественной их картины. В качественных объяснениях присутствуют различные факторы (в том числе и объемные признаки), влияющие на опережение, вместе с тем исследователи до настоящего времени вынуждены пользоваться формулами Экелунда – Павлова, Финка и Головина-Дрездена, в которых все сводится к контактному взаимодействию металла с валком и геометрическим признакам. Внешнему трению отводится доминирующая роль в формировании опережения. Безусловно, внешнее трение проявляется в формировании опережения (равно, как и в остальном), поскольку сам процесс прокатки создан на использовании трения, но сведение объяснений к одному, даже преобладающему, фактору, делает картину происходящего в очаге деформации недостаточно полной. Нерешенные вопросы, относящиеся к опережению, о которых, в частности, говорит автор [2, 4, 5], имеют более глубокие причины, нежели принято считать. Начинаются они с того, что в теории прокатки утвердились объяснения силовой картины в очаге деформации и прилипания, которые нуждаются в уточнениях [8, 9]. Проблемные вопросы, которые освещает автор [2, 4, 5], не замыкаются только на опережении, они затрагивают также вопросы пластического трения, природы сил, взаимосвязей деформационных и кинематических параметров [10, 11].

Устоявшиеся объяснения природы и механизма опережения не в состоянии объяснить некоторые проявления при прокатке: отрицательное опережение, прилипание, взаимосвязь с уширением [2, 4, 5], рост опережения при повышенных обжатиях [4]. Последнюю взаимосвязь автор [4] характеризует следующим образом: «Отмечен аномальный рост опережения при повышенных обжатиях, который не может быть объяснен с позиций современной теории прокатки». Автор отмечает, что полученные результаты являются полной противоположностью тем, которые получаются на основе зависимости между углами захвата α , нейтрального угла γ и трения β , предложенной И. М. Павловым. Отмеченный факт является еще одним подтверждением многофакторности явления опережения. Автор в своей работе [4] не приводит параметры прокатки, при которых выполнялся эксперимент, но, судя по величине относительных обжатия (70–80 %), можно предполагать, что речь идет об области прокатки тонких полос. Подобное явление можно встретить при прокатке толстых полос; Тафель, отмечая особенность формирования опережения при прокатке полос большой толщины и повышенную величину опережения при этом, объясняет неравномерностью деформации и возрастающей ролью зоны прилипания. Последняя «...не только охватывает почти всю контактную поверхность, но и распространяется вглубь полосы, вследствие чего приконтактный слой металла становится как бы продолжением тела валка. Поскольку растет фиктивный радиус валка, это способствует увеличению опережения» [12]. Тафель, объясняя механизм формирования опережения при прокатке толстых полос, подводит к мысли о прилипании (приконтактный слой металла становится как бы продолжением тела валка), о его объемном характере и взаимосвязи с опережением. Анализируя сказанное Тафелем, а также и другие мнения, можно утверждать, что опережение имеет объемный характер, оно создается в пределах очага деформации, окончательно формируется в окрестностях плоскости выхода. Поэтому спорным положением становится безупречность метода определения опережения на основе керновых отпечатков при всей его простоте и доступности. По мнению многих исследователей, полное выравнивание скоростей металла в поперечно-вертикальном сечении происходит за плоскостью осей рабочих валков [13]; на участке полного выравнивания скоростей происходит и формирование длины между керновыми отпечатками на раскате, а это вносит дополнительные погрешности в метод. При пользовании методом керновых отпечатков нельзя полностью исключить возможное участие валков совместно с металлом в формировании «кернового» опережения, поскольку есть основания предположить, что расстояние между керновыми отпечатками частично формируется за счет упругих деформаций валка и металла [14].

Приведенные различия во взглядах на природу опережения и механизм его образования проявляются еще в большей степени при прокатке в калибрах. В этом случае само понятие «опережение» теряет свою однозначность и определенность, поскольку скорость валков имеет значение переменное по ширине ручья. В тоже время опережение широко применяется

в практике при расчете скоростных режимов. В условиях одноклетевых, линейных станов или с последовательным расположением клетей знание скорости прокатки необходимо для определения машинного времени и существующие для этих целей приближенные методы расчета названных параметров дают удовлетворительные результаты, в литературе они в достаточной степени освещены. В случаях расчета скоростных параметров для непрерывной прокатки в калибрах ситуация становится проблемной. Для условий непрерывного сортового стана в части расчета кинематических параметров требуются многозадачные решения [15–17]. Процесс непрерывной прокатки подчиняется известному закону постоянства секундных объемов, который имеет вид:

$$V_1 F_1 = V_2 F_2 = \dots = V_n F_n, \quad (1)$$

где – V и F – скорость прокатки и площади поперечных сечений раскатов в проходах, соответственно; индексы означают номера клетей (проходов).

Точность определения каждого произведения в выражении (1) должна быть достаточно высокой, в свою очередь, для ее достижения требуется еще более высокая точность определения каждого из сомножителей. Определение площади поперечных сечений напрямую зависит от точности определения уширения и его расчет связан со значительными трудностями. Определение скорости прокатки в ручьевых валках является сложной задачей, которая всегда возникала при разработках калибровок, актуальной продолжает она оставаться и в настоящее время. Основой определения скорости прокатки в калибрах является определение катающего диаметра (радиуса). Определение катающего диаметра валков при непрерывной прокатке в вытяжных калибрах является составляющей частью расчета деформационно-скоростных параметров и важным фактором, определяющим точность размеров проката. Проблема определения катающего радиуса возникла у исследователей, начиная с появления непрерывной прокатки. В настоящее время проблема не утратила своей остроты, напротив, с увеличением скорости прокатки приобрела новые формы, для которых характерным является рост динамических нагрузок в главных линиях станов при переходных процессах заполнения очага деформации металлом и его освобождения. Методы определения катающего диаметра разнообразны и сформированы достаточно давно, в частности, в работах Виноградова А. П. [18]. В работах более позднего и настоящего периодов времени принципиальные дополнения и изменения не приводятся. Разнообразие методов свидетельствует об отсутствии единого подхода к определению катающего радиуса. Все методы построены на геометрических соотношениях, и понятие «катающий диаметр» в устоявшемся виде в недостаточной мере отражает кинематические явления, происходящие в очаге деформации.

Для определения скорости раската после выхода его из валков используют зависимость [17]:

$$V_i = \frac{\pi}{60} \cdot D_{k_i} \cdot n_i \cdot (1 + S_i), \quad (2)$$

где V_i – скорость выхода металла из валков; D_{k_i} – катающий диаметр валков; n_i – частота вращения валков об/мин; S_i – опережение, отнесенное к диаметру D_{k_i} .

Катающий диаметр часто определяют по средней высоте калибра [19]:

$$D_k = D - \sqrt{\frac{F}{(B_1 \cdot H_1)}}, \quad (3)$$

где F – площадь поперечного сечения раската в калибре; B_1 и H_1 – ширина и высота полосы после прокатки; D – диаметр валков.

В существующих определениях катающего диаметра исключается участие опережения; наиболее характерным для названных мнений является определение автора [20]: «Под катающим диаметром валков понимают такой воображаемый диаметр, при котором окружная скорость валков равна скорости прокатываемой полосы в плоскости выхода ее из валков при отсутствии опережения металла».

При прокатке труб [21] катающий диаметр (радиус) принято рассчитывать по формуле:

$$R_k = R_{\sigma} + 0,5 \cdot \Delta - \lambda' \cdot r_k, \quad (4)$$

где λ' – коэффициент, учитывающий форму калибра (на практике принимают $\lambda' = 0,7 \div 0,9$); R_{σ} – радиус бочки валка; Δ – зазор между валками; r_k – радиус калибра.

Метод предназначен для приближенного определения катающего диаметра, поскольку точность расчета в формуле (4) зависит от коэффициента, учитывающего форму калибра, который в свою очередь является неоднозначным параметром.

В работе [22] предложен метод определения катающего диаметра с учетом средне интегрального значения опережения по контуру калибра. Метод в своей основе содержит геометрические предпосылки и не учитывает кинематику объемных перемещений. Сравнение результатов расчета по предложенному методу определения катающего диаметра с экспериментальными данными не приводится.

Анализ методов расчета катающего радиуса, основанных на геометрических соотношениях, свидетельствует о том, что все они в недостаточной мере отражают физическую сторону взаимодействия полосы и валков, не учитывают кинематику перемещения металла и инструмента. Все методы расчета скоростных режимов прокатки на основе катающего диаметра включают необходимость определения опережения, которое является трудно определяемым фактором, с недостаточно выясненной природой образования даже при прокатке на гладкой бочке [4]; для случаев деформации в калибрах опережение приобретает еще более физически нечеткие признаки и количественную неопределенность. По этой же причине и катающий диаметр также теряет свою физическую определенность, о чем свидетельствует приведенная выше цитата, в которой автор [20] характеризует его как «воображаемый диаметр». В действительности же скорость прокатки имеет реальное значение, которому соответствует такой же численно реальный диаметр и именно он соответствует физическому представлению о катающем диаметре.

Опережение при прокатке имеет объемную природу, но сведения об объемных преобразованиях в очаге деформации при прокатке, полученные на основе контактного взаимодействия металла с валком (как это утвердилось в теории прокатки), являются неполными и по причине недостаточности информации выводы не всегда адекватно отражают явления, происходящее в объеме очага деформации. Следствием являются спорные положения и противоречия в современной теории прокатки, об этом говорилось на страницах печати [2–4]. Справедливо отмечая наличие спорных положений и противоречий автор [2, 4] в то же время предпринимает попытки решить их исходя из условий и закономерностей контактного взаимодействия. В силу названных причин, учитывая состояние теории прокатки в части отмеченных параметров (взаимосвязь опережения, уширения и вытяжки), развитие методов определения скорости прокатки через катающий диаметр во взаимосвязи с опережением является малоперспективным решением. Само понятие опережение для условий сортовой прокатки требует уточнений и дополнений, целесообразным является введение уточняющего понятия «частное опережение». Достаточно близким по своей сути является определение опережения в следующей редакции. Опережение при прокатке в калибрах представляет собой переменную по ширине ручья разницу текущих скоростей валков и металла в плоскости выхода из очага деформации. Разница определяется в точке пересечения трех поверхностей, одна из которых является контактной, две другие плоские, одна из них продольно-вертикальная, другая образована осями валков. Разница скоростей металла и валков в точке (то есть собственно величина опережения) выражается в процентах в соответствии со сложившейся практикой.

ВЫВОДЫ

Выполнен анализ взглядов и причин, порождающих различные мнения на роль и механизм образования опережения при прокатке. Опережение продолжает оставаться одним из недостаточно раскрытых явлений в теории прокатки, оно имеет объемную природу, и находится во взаимосвязи с другими параметрами – уширением, вытяжкой и прилипанием.

Сведения об объемных преобразованиях в очаге деформации при прокатке, полученные на основе контактного взаимодействия металла с валком, являются неполными и по причине недостаточности информации выводы не всегда адекватно отражают явления, происходящее в объеме очага деформации. Следствием являются спорные положения и противоречия в современной теории прокатки. Учитывая состояние теории прокатки в части отмеченных параметров (взаимосвязь опережения, уширения, вытяжки и прилипания), развитие методов определения скорости прокатки через катающий диаметр во взаимосвязи с опережением является неперспективным решением. Само понятие опережение для условий сортовой прокатки требует уточнений и дополнений. Перспективным является способ определения скоростных параметров на основе уточненных методов определения катающего диаметра (радиуса) без выделения опережения в самостоятельно определяемый параметр.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головин А. Ф. *Опережение, максимальный угол захвата и коэффициент трения* / А. Ф. Головин // *Сталь*. – 1947. – № 1. – С. 320–327.
2. Долженков Ф. Е. *О некоторых противоречиях современной теории прокатки* / Ф. Е. Долженков // *Сучасні проблеми металургії*. – Дніпропетровськ : Системні технології, 2002. – Т. 5. – С. 121–124.
3. Зильберг Ю. В. *О некоторых противоречиях и допущениях теории прокатки* / Ю. В. Зильберг // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. – 2004. – № 11. – С. 24–26.
4. Долженков Ф. Е. *Уширение, опережение и вытяжка при продольной прокатке (О некоторых противоречиях современной теории прокатки)* / Ф. Е. Долженков // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. – 2003. – № 5. – С. 41–44.
5. Долженков Ф. Е. *Нерешенные вопросы современной теории прокатки* / Ф. Е. Долженков // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2009. – № 9. – С. 52–56.
6. Павлов И. М. *Теория прокатки* / И. М. Павлов. – М. : Металлургиздат, 1950. – 610 с.
7. Баюков В. Ф. *О работе прокатки* / В. Ф. Баюков // *Металлург*. – 1932. – № 5. – С. 36–39.
8. Огинский И. К. *Силовая картина в очаге деформации при установившемся процессе прокатки* / И. К. Огинский // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2011. – № 1. – С. 37–40.
9. Огинский И. К. *Прилипание при прокатке, его происхождение и физическое назначение* / И. К. Огинский // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2010. – № 5. – С. 46–51.
10. Огинский И. К. *Пластическое трение при прокатке* / И. К. Огинский // *Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія машинобудування. Збірник наукових праць*. – К., 2011. – № 62. – С. 150–154. – ISSN 0372-6053.
11. *Процессы деформации металла на основе многовалковых калибров : монография* / И. К. Огинский, В. Н. Данченко, А. А. Самсоненко, В. В. Бояркин – Дніпропетровськ : «Пороги», 2011. – 355 с.
12. Грудев А. П. *Теория прокатки* / А. П. Грудев. – М. : Металлургия, 1988. – 239 с.
13. Голубев Т. М. *Определение перемещений в прокатываемом металле* / Т. М. Голубев // *Сталь*. – 1952. – № 2. – С. 138–141.
14. Огинский И. К. *О механизме опережения при прокатке* / И. К. Огинский // *Теория и практика металлургии*. – 2010. – № 5–6. – С. 113–117.
15. Выдрин В. Н. *Процесс непрерывной прокатки* / В. Н. Выдрин, А. С. Федосиенко, В. И. Крайнов. – М. : Металлургия, 1970. – 456 с.
16. Онищенко И. И. *Теория непрерывной прокатки* / И. И. Онищенко, П. И. Куценко, А. И. Куценко. – Запорожье : Изд-во ЗГИА, 1998. – 470 с.
17. *Непрерывная прокатка / под редакцией д.т.н., проф. В. Н. Данченко*. – Дніпропетровськ : РВА «Дніпро-ВАЛ», 2002. – 588 с. – ISBN 966-7616-40-1.
18. Виноградов А. П. *Калибровка прокатных валков* / А. П. Виноградов, Г. А. Виноградов. – М. : Металлургиздат, 1950. – 344 с.
19. Чекмарев А. П. *Калибровка прокатных валков* / А. П. Чекмарев, М. С. Мутьев, Р. А. Машковцев. – М. : Металлургия, 1971. – 509 с.
20. Илюкович Б. М. *Прокатка и калибровка. Справочник : в 6 т.* / Б. М. Илюкович, Н. Е. Нехаев, С. Е. Меркурьев. – Днепропетровск : Дніпро-Вал, 2002. – Т. 1. – 506 с.
21. Данилов Ф. А. *Горячая прокатка и прессование труб* / Ф. А. Данилов, А. З. Глейберг, В. Г. Балакин // *Изд. 3-е*. – М. : Металлургия, 1972. – 576 с.
22. Машкин Л. Ф. *Определение катающего диаметра при прокатке в калибрах* / Л. Ф. Машкин // *Теория и практика металлургии*. – 1997. – № 3. – С. 7–8.

REFERENCES

1. Golovin A. F. *Operezhenie, maksimal'nyj ugol zahvata i koeficient trenija* / A. F. Golovin // *Stal'*. – 1947. – № 1. – S. 320–327.
2. Dolzhenkov F. E. *O nekotoryh protivorechijah sovremennoj teorii prokatki* / F. E. Dolzhenkov // *Suchasni problemi metalurgii*. – Dnipropetrovs'k : *Sistemni tehnologii*, 2002. – T. 5. – S. 121–124.
3. Zil'berg Ju. V. *O nekotoryh protivorechijah i dopushhenijah teorii prokatki* / Ju. V. Zil'berg // *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Chernaja metallurgija*. – 2004. – № 11. – S. 24–26.
4. Dolzhenkov F. E. *Ushirenje, operezhenie i vytjazhka pri prodol'noj prokatke (O nekotoryh protivorechijah sovremennoj teorii prokatki)* / F. E. Dolzhenkov // *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Chernaja metallurgija*. – 2003. – № 5. – S. 41–44.
5. Dolzhenkov F. E. *Nereshennye voprosy sovremennoj teorii prokatki* / F. E. Dolzhenkov // *Metallurgicheskaja i gornorudnaja promyshlennost'*. – 2009. – № 9. – S. 52–56.
6. Pavlov I. M. *Teorija prokatki* / I. M. Pavlov. – M. : Metallurgizdat, 1950. – 610 s.
7. Bajukov V. F. *O rabote prokatki* / V. F. Bajukov // *Metallurg*. – 1932. – № 5. – C. 36–39.
8. Oginskij I. K. *Silovaja kartina v ochage deformacii pri ustanovivshemsja processe prokatki* / I. K. Oginskij // *Metallurgicheskaja i gornorudnaja promyshlennost'*. – 2011. – № 1. – S. 37–40.
9. Oginskij I. K. *Prilipanie pri prokatke, ego proishozhdenie i fizicheskoe naznachenie* / I. K. Oginskij // *Metallurgicheskaja i gornorudnaja promyshlennost'*. – 2010. – № 5. – S. 46–51.
10. Oginskij I. K. *Plasticheskoe trenie pri prokatke* / I. K. Oginskij // *Visnik Nacional'nogo teh-nichnogo universitetu Ukraini «Kiivs'kij politehnicnij institut»*. *Serija mashinobuduvannja. Zbirnik naukovih prac'*. – K., 2011. – № 62. – S. 150–154. – ISSN 0372-6053.
11. *Processy deformacii metalla na osnove mnogovalkovykh kalibrov : monografija* / I. K. Oginskij, V. N. Danchenko, A. A. Samsonenko, V. V. Bojarkin – Dnipropetrovs'k : «Porogi», 2011. – 355 s.
12. Grudev A. P. *Teorija prokatki* / A. P. Grudev. – M. : Metallurgija, 1988. – 239 s.
13. Golubev T. M. *Opređenje peremeshhenij v prokatyvaemom metalle* / T. M. Golubev // *Stal'*. – 1952. – № 2. – S. 138–141.
14. Oginskij I. K. *O mehanizme operezhenija pri prokatke* / I. K. Oginskij // *Teorija i praktika metallurgii*. – 2010. – № 5–6. – S. 113–117.
15. Vydryn V. N. *Process nepreryvnoj prokatki* / V. N. Vydryn, A. S. Fedosienko, V. I. Krajnov. – M. : Metallurgija, 1970. – 456 s.
16. Onishhenko I. I. *Teorija nepreryvnoj prokatki* / I. I. Onishhenko, P. I. Kucenko, A. I. Kucenko. – Zaporozh'e : *Izd-vo ZGIA*, 1998. – 470 s.
17. *Nepreryvnaja prokatka / pod redakciej d.t.n., prof. V. N. Danchenko*. – Dnipropetrovs'k : *RVA «Dnipro-VAL»*, 2002. – 588 s. – ISBN 966-7616-40-1.
18. Vinogradov A. P. *Kalibrovka prokatnyh valkov* / A. P. Vinogradov, G. A. Vinogradov. – M. : Metallurgizdat, 1950. – 344 s.
19. Chekmarev A. P. *Kalibrovka prokatnyh valkov* / A. P. Chekmarev, M. S. Mut'ev, R. A. Mashkovcev. – M. : Metallurgija, 1971. – 509 s.
20. Iljukovich B. M. *Prokatka i kalibrovka. Spravochnik : v 6 t.* / B. M. Iljukovich, N. E. Nehaev, S. E. Merkur'ev. – Dnepropetrovsk : *Dnipro-Val*, 2002. – T. 1. – 506 s.
21. Danilov F. A. *Gorjachaja prokatka i pressovanie trub* / F. A. Danilov, A. Z. Glejberg, V. G. Balakin // *Izd. 3-e*. – M. : Metallurgija, 1972. – 576 s.
22. Mashkin L. F. *Opređenje katajushhego diametra pri prokatke v kalibrah* / L. F. Mashkin // *Teorija i praktika metallurgii*. – 1997. – № 3. – S. 7–8.

Огинский И. К. – д-р техн. наук, ст. науч. сотр. НМетАУ

Ремез О. А. – ассистент НМетАУ

Самсоненко А. А. – канд. техн. наук, доц. НМетАУ

Бояркин В. В. – канд. техн. наук, доц. НМетАУ

НМетАУ – Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск.

E-mail: andreysamsonenko@gmail.com