

# **ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОДУВКИ СТАЛИ В ПРОМЕЖУТОЧНОМ КОВШЕ СЛЯБОВОЙ МНЛЗ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ ПРОДУВКИ АРГОНОМ**

Серёгин С.А., Жук В.Л.

Донецкий национальный технический университет

Важным технологическим узлом современной МНЛЗ является промежуточный ковш (ПК), его конструкция оказывает значительное влияние на качество продукции. В настоящее время использование ПК расширяется до функций универсального металлургического агрегата для дополнительного рафинирования стали [1]. В связи с этим развитие теоретических и практических аспектов разработки технологии рафинирования металла в ПК является актуальной задачей.

Важным элементом исследований процессов непрерывной разливки стали является физическое моделирование гидрогазодинамических процессов, происходящих в ванне ПК, которое в настоящее время становится темой пристального внимания ученых-металлургов. Многие отечественные и зарубежные исследователи изучают поведение металла и шлака в ванне ПК и гидродинамические особенности процесса разливки с использованием современных физических моделей [2-3].

Цель данной работы заключается в теоретическом и экспериментальном исследовании процессов протекающих при аргонном рафинировании стали в ПК МНЛЗ с использованием физического моделирования.

Для исследования процессов, происходящих в ПК, была использована физическая модель промежуточного ковша, созданная на кафедре МОЗЧМ ДонНТУ, имитирующая промежуточный ковш двухручьевого слябовой МНЛЗ ПАО «АМК» вместимостью 60 т. Из условий гидродинамического подобия и соблюдении равенства для неё и натурального объекта, критериев Фруда и гомохронности, геометрический масштаб модели составляет 1:5. Модель изготовлена из прозрачного материала (оргстекла), что позволяет наблюдать за процессами, происходящими в ванне ПК, и включает в себя основные функциональные узлы, которые имеются в промышленном объекте (рисунок 1).

При создании модели для обеспечения подобия потоков с учетом сил поверхностного натяжения учитывалось соблюдение равенства чисел Вебера.

Расчет скорости разливки на модели проводился с учетом действия сил тяжести (критерий Фруда). После расчета масштаба скорости был определен масштаб времени с учетом критерия гомохронности, характеризующего время протекания нестационарных процессов. Исходя из условия неразрывности потока, определяли величину расхода жидкости[4].

В качестве рабочей жидкости, моделирующей жидкую сталь, использовали воду при температуре 18-25 °С, а в качестве жидкого шлака – моторное масло. Выбор воды в качестве моделирующей жидкости объясняется тем фактом, что значения вязкости воды и стали в области температур внепечной обработки

достаточно близки друг к другу. Выбор в качестве шлака моторного масла объясняется его свойствами, которые заключаются в высоком поверхностном натяжении и изменении вязкости в зависимости от температуры в широком диапазоне значений, что позволяет изучать процесс выхода пузырьков вдуваемого газа на поверхность жидкой ванны и оценить возможность вовлечения покровного шлака в перемешивание. Известно, что система «вода - моторное масло» широко используется многими исследователями для моделирования поведения шлака.

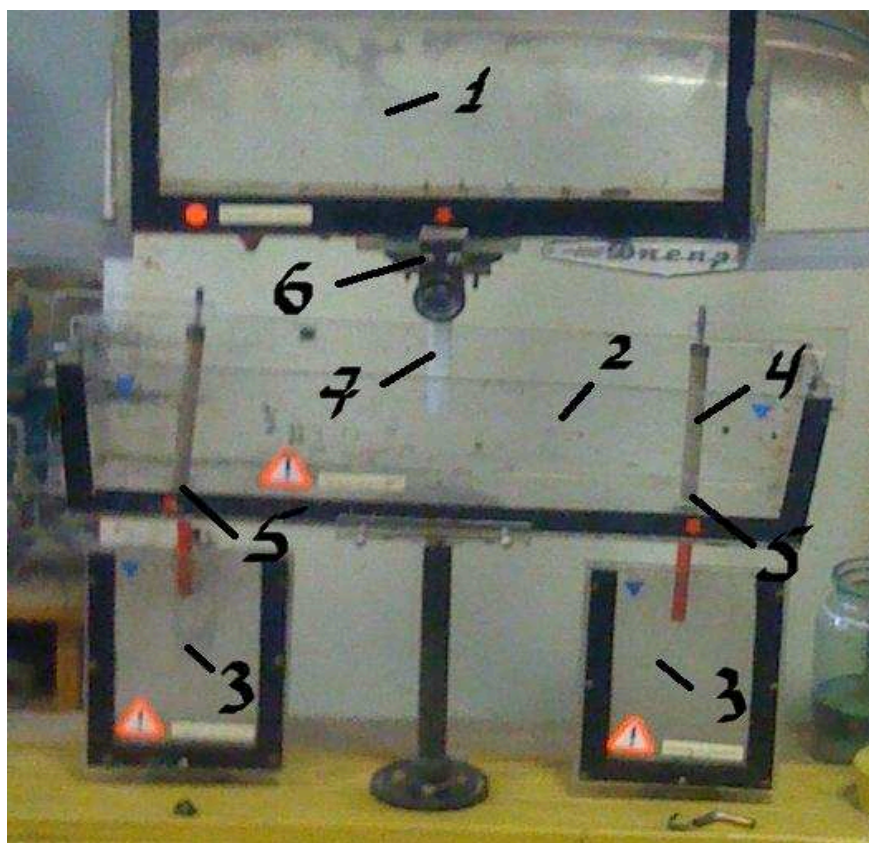


Рисунок 1 – Общий вид экспериментальной установки для исследований гидрогазодинамических процессов в ПК: 1 – емкость, моделирующая сталеразливочный ковш; 2 – модель ПК; 3 – модель кристаллизаторов; 4 – стопор-механизм; 5 – выпускное отверстие; 6 – регулятор расхода жидкости из сталеразливочного ковша; 7 – модель защитной трубы.

Выбор в качестве шлака моторного масла объясняется его свойствами, которые заключаются в высоком поверхностном натяжении и изменении вязкости в зависимости от температуры в широком диапазоне значений, что позволяет изучать процесс выхода пузырьков вдуваемого газа на поверхность жидкой ванны и оценить возможность вовлечения покровного шлака в перемешивание. Известно, что система «вода - моторное масло» широко используется многими исследователями для моделирования поведения шлака.

Согласно проведенным расчетам, для диаметра пузырька в момент прохождения через слой шлака равного 10-11 мм (оптимальная величина

пузыря аргона), диаметр пузырька в момент отрыва составляет 4,0-4,9 мм [5]; диаметр отверстия кольцевой фурмы  $d_0=1,5$  мм, а односопловой – 1,8 мм. Расстояние между отверстиями  $L=10d_0$  [6]. Подача воздуха осуществлялась через лабораторный компрессор с ресивером при трех величинах расхода – 10, 12 и 15 л/мин.

В ходе экспериментов выполнялась визуальная оценка траектории движения пузырьков в жидкой ванне ПК из металла в шлак при продувке через фурму снизу и при продувке через кольцевую фурму сверху.

Динамика распространения потоков жидкости показана на рисунке 2.

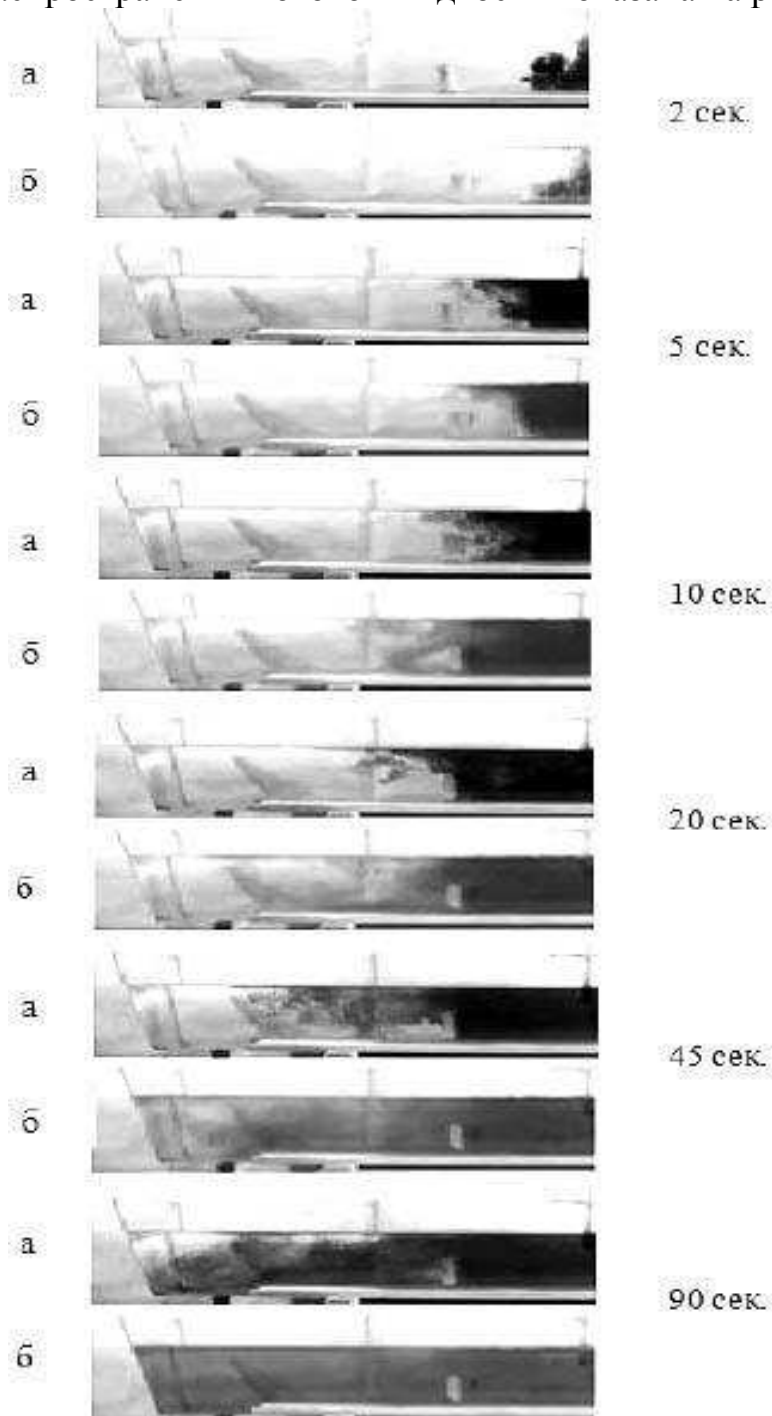


Рисунок 2 – Динамика распространения потоков жидкости во время продувки аргоном сверху и снизу

На рисунках 3 и 4 показаны варианты продувки жидкой ванны в ПК через различные устройства снизу и сверху.

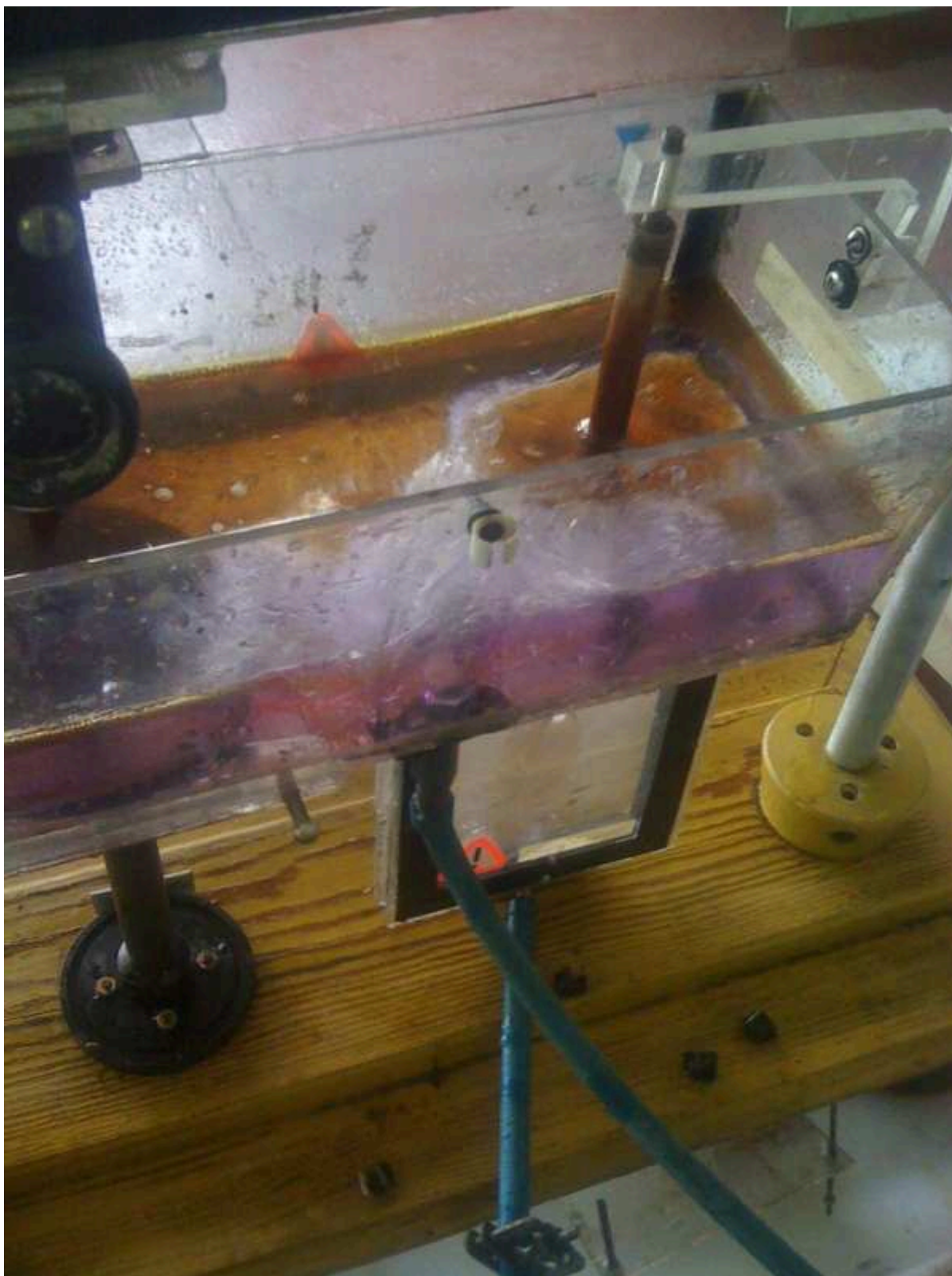


Рисунок 3 – Продувка жидкости в ПК через фурму снизу

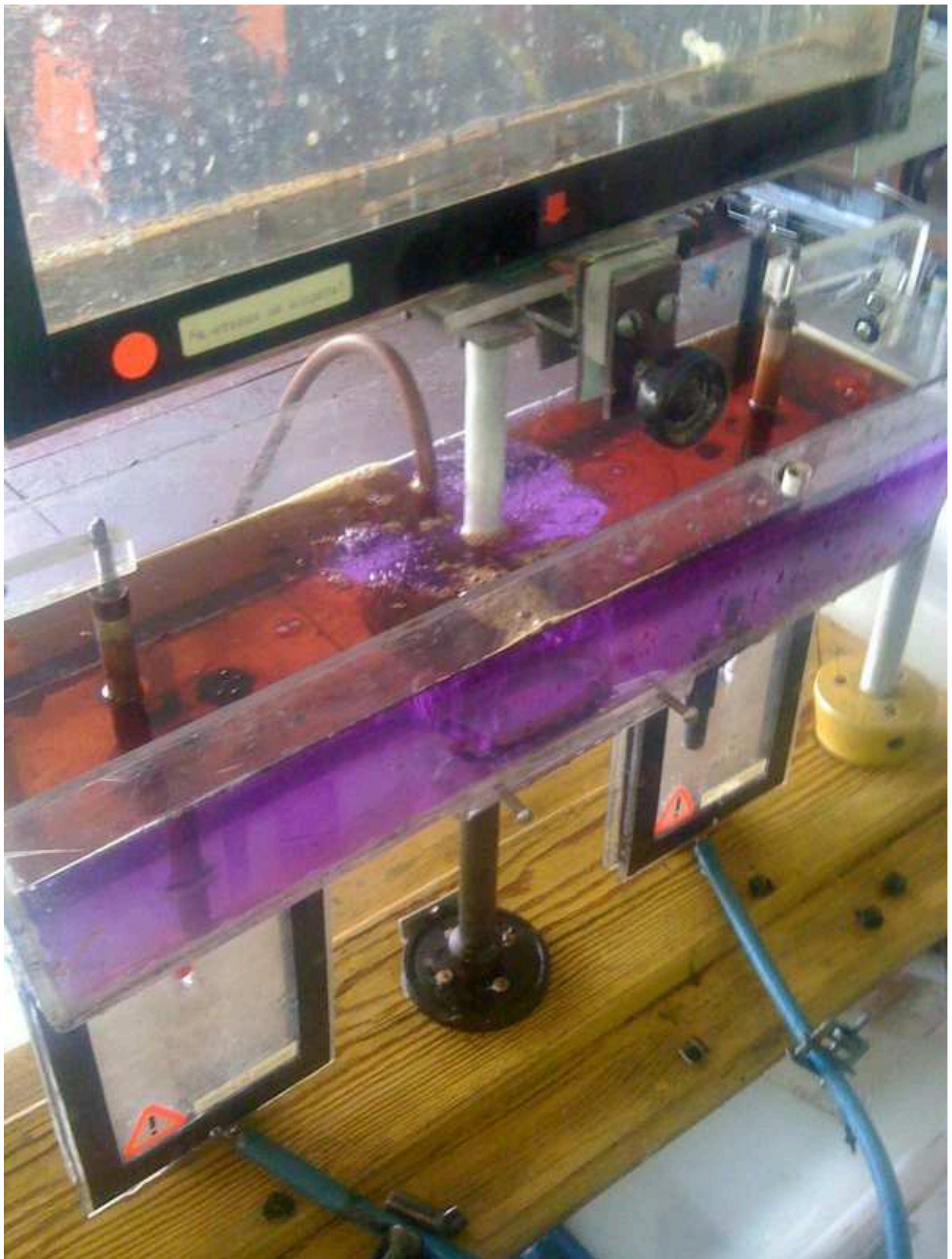


Рисунок 4 – Продувка жидкости в ПК через кольцевую фурму сверху

Как следует из рисунков (2 – 4), процесс продувки через кольцевую фурму сверху значительно эффективнее продувки снизу в виду того, что шлак

начинает отодвигаться к стенкам промковша, тем самым давая свободный доступ для металла, вытекающего из сталеразливочного ковша, не позволяя шлаку попадать в сталеразливочный стакан ПК, в то время как продувка снизу распределяет шлак только вблизи места продувки. Кроме того продувка снизу требует определённого контроля за интенсивностью продувки, так как возможны выплески металла из ковша, в то время как кольцевая фурма лишена этого дефекта и может осуществлять процесс продувки в более спокойном режиме.

#### Литература:

1. Смирнов А.Н. Процессы непрерывной разливки стали / Смирнов А.Н., Пилюшенко В.Л., Минаев А.А. и др. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – 536 с.
2. Еронько С.П., Быковских С.В. Физическое моделирование процессов внепечной обработки и разливки стали. – К.: Техника, 1998. – 196 с.
3. Еронько С.П., Ошовская Е.В., Штепан Е.В. и др. // *Металлургические процессы и оборудование*. – 2009. - №4(18). – С.20 – 32.
4. Научно-практическая конференция «Инновационные технологии внепечной металлургии чугуна и стали» / Смирнов А.Н., Кравченко А.В., Куберский С.В., Кузнецов Д.Ю, 2011. – 182 с.
5. Дейч М.Е. Техническая газодинамика / М.Е. Дейч. – М.: Госэнергоиздат, 1974. – 671 с.
6. Кутателадзе С.С., Стыркович М.А. Гидродинамика газожидкостных систем / С.С. Кутателадзе, М.А. Стыркович. – М.: Энергия, 1976. – 296 с.

Серёгин С.А.

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОДУВКИ СТАЛИ В  
ПРОМЕЖУТОЧНОМ КОВШЕ СЛЯБОВОЙ МНЛЗ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ  
ВАРИАНТАХ ПРОДУВКИ АРГОНОМ

Донецкий национальный технический университет

Научный руководитель: доцент Жук В.Л.