

В. С. Стеч, А. Л. Остапенко*, Н. В. Миненко, О. В. Клименко*****

ЗАО «Новокраматорский машиностроительный завод», Краматорск

*НПО «Доникс», Донецк

**НПО «Спецметаллпром», Донецк

***ПИИ ООО «Бюро Веритас», Мариуполь

Методика оценки соответствия расчетных режимов прокатки возможностям двигателей главного привода рабочих клетей

Предложена методика расчета загрузки по эквивалентным и максимальным значениям мощности и момента двигателей главного привода как функции от текущих значений момента (мощности) прокатки, приведенных к номинальным характеристикам двигателя. Она позволяет сравнивать эквивалентные нагрузки с номинальными в любых скоростных зонах работы двигателя, в том числе и во время его работы в нескольких зонах, например, при прокатке с ускорением.

Ключевые слова: методика, соответствие, характеристика, двигатель, привод, прокатка, момент, мощность, частота, вращение, номинальная, программа, тахограмма, режим

Программные пакеты, приведенные ниже, были разработаны и прошли апробацию при исследовании различных схем прокатки компаниями НПО «Доникс», НПО «Спецметаллпром» при участии ЗАО «НКМЗ».*

Пакет «Толстяк В» – предназначен для расчета температурных, энергосиловых условий прокатки, необходимого числа раскатов на байпасе, производительности и циклограмм работы толстолистого стана с байпасом и установками ускоренного контролируемого охлаждения в функции заданного режима обжаты, требуемых температур нагрева слябов, начала прокатки в чистой клетей и конца чистой прокатки, начала и конца ускоренного контролируемого охлаждения.

Пакет «Универсал» – с его помощью можно выполнять расчет режимов работы станов произвольной конфигурации, предназначенных для производства тонколистового проката и включающих: клетей, печные моталки, перемоточные устройства, системы экранирования раскатов, гидросбивы, установку охлаждения полосы. Программа позволяет выполнять расчеты режимов прокатки, температурных и энергосиловых параметров, формоизменения раската при прокатке в вертикальных и горизонтальных клетях, а также технологических требований к основному оборудованию. Особенность математического обеспечения – возможность учета работы стана по сложной тахограмме прокатки, включающей пять участков (с постоянной, но различного уровня скоростью), чередующихся с участками разгона и торможения, а также возможность учета зависимости

теплофизических характеристик металла от температуры.

Длительная апробация этих программных пакетов при исследовании различных схем прокатки показала, что методики оценки соответствия расчетных режимов прокатки возможностям оборудования прокатного стана, заложенные в эти пакеты, не в полной мере учитывают особенности работы электродвигателей привода клетей, в частности их тепловой нагрев. Для устранения этого недостатка разработали специальную методику оценки соответствия расчетных режимов прокатки возможностям двигателей главного привода рабочих клетей, имеющую свои особенности. Методика предусматривает выполнение следующих расчетов: текущих значений мощности и момента двигателей главного привода в функции от момента прокатки, мощности прокатки, приведенной к валу двигателя, КПД механизмов линии привода и текущего значения оборотов якоря двигателя; максимальной текущей загрузки по мощности, моменту и времени ее действия; эквивалентной загрузки по мощности и моменту.

Общий вид графиков наибольших значений тока, напряжения, мощности, крутящего момента при работе двигателя постоянного тока в функции от числа оборотов якоря двигателя показан на рис. 1.

Допустимая нагрузка двигателя ограничивается его нагревом, зависящим от потерь энергии в двигателе, которые определяются величиной тока, потребляемого двигателем. Величина наибольшего значения тока двигателя при длительной непрерывной работе не должна превышать номинального во избежание перегрева. При этом часть цикла двигатель может работать с повышенными значениями тока. В этом случае работа двигателя в остальной части цикла должна осуществляться с пониженным

* Проектирование технологии горячей прокатки листов и полос / А. Л. Остапенко, Э. Е. Бейгельзимер, Н. В. Миненко, А. В. Кузьмин, Ю. В. Коновалов, Е. А. Руденко // *Металл и литье Украины*. – 2006. – № 7-8. – С. 56-60

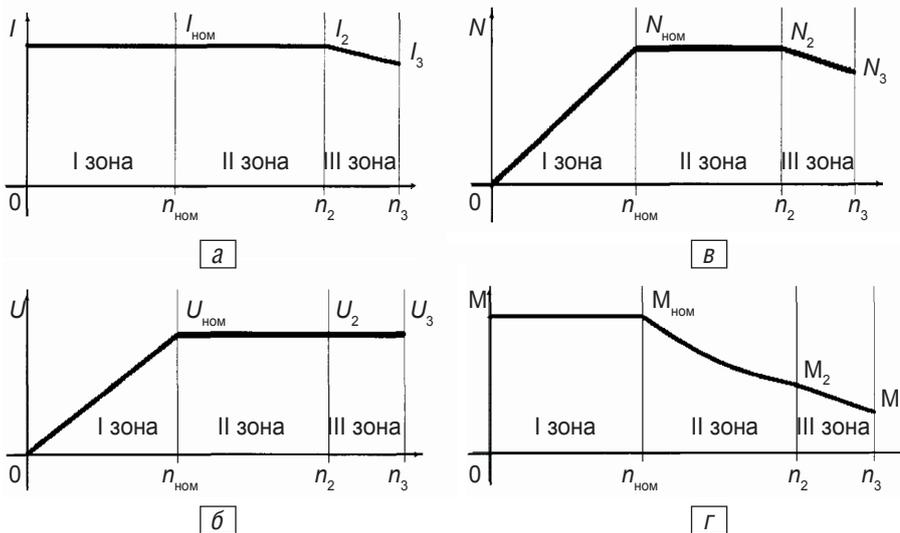


Рис. 1. Изменение характеристик двигателя постоянного тока (расшифровка обозначений следует далее)

Формулы для расчета параметров двигателя, приведенных в соответствии со скоростной зоной его работы

Зона		$N_{дв}$	$M_{дв}$
номер	условие		
I	$n_{тек} \leq n_{ном}$	$N_{дв}^I = \frac{N_{прокатки} \times n_{ном}}{\eta_{привода} \times n_{тек}}$	$M_{дв}^I = \frac{M_{прокатки}}{i_{привода} \times \eta_{привода}}$
II	$n_{ном} < n_{тек} \leq n_2$	$N_{дв}^{II} = \frac{N_{прокатки}}{\eta_{привода}}$	$M_{дв}^{II} = \frac{M_{прокатки} \times n_{тек}}{i_{привода} \times \eta_{привода} \times n_{ном}}$
III	$n_2 < n_{тек} \leq n_3$	$N_{дв}^{III} = \frac{N_{прокатки} \times N_2}{\eta_{привода} \times N_{д.р.}}$	$M_{дв}^{III} = \frac{M_{прокатки} \times n_{тек} \times N_2}{i_{привода} \times \eta_{привода} \times n_{ном} \times N_{д.р.}}$

значением тока или с увеличенными паузами. Тем самым должно соблюдаться условие $I_{экр} \leq I_{НОМ}$. На практике в расчетах при разработке режимов прокатки часто приходится использовать величину не тока, а момента двигателя или его мощности. В этом случае применяются аналогичные зависимости:

$$M_{экр} \leq M_{НОМ}; N_{экр} \leq N_{НОМ}$$

Однако, как видно из графиков (рис. 1), уровень и характер поведения предельных значений нагрузочных показателей двигателя, особенно момента и мощности, определяются уровнем частоты вращения его якоря (n), что несколько затрудняет принятие решения о соответствии разрабатываемых режимов прокатки возможностям двигателя главного привода.

Для сравнения эквивалентных характеристик двигателя с номинальными предложена методика, предусматривающая приведение расчетного значения нагрузочного параметра не только к валу двигателя, но и к его номинальным характеристикам (таблица).

В формулах таблицы и на рис. 1 приняты обозначения: $N_{прокатки}$ – расчетная текущая мощность прокатки; $M_{прокатки}$ – расчетный текущий момент прокатки; $N_{дв}$ – расчетная текущая мощность двигателя, приведенная к его валу; $M_{дв}$ – расчетный текущий момент прокатки, приведенный к его валу.

Для более полного использования всех факторов следует в процессе расчета $N_{дв}$ и $M_{дв}$ учитывать нагрузки двигателя при холостом ходе (в приведенных ниже формулах не отражено):

$$N_{д.р.} = N_2 - \frac{(N_2 - N_3)}{(n_2 - n_3)} \times (n_{тек} - n_2);$$

$N_{дв}^I, N_{дв}^{II}, N_{дв}^{III} (M_{дв}^I, M_{дв}^{II}, M_{дв}^{III})$ – расчетная текущая мощность (момент) двигателя, приведенная к его номинальным характеристикам при работе в первой, второй и третьей скоростных зонах соответственно; $n_{ном}$ – номинальная частота вращения двигателя; n_2 – максимальная частота вращения двигателя при сохранении мощности, равной номинальной; n_3 – максимальная частота вращения двигателя; $n_{тек}$ – текущая частота вращения двигателя в любой скоростной зоне;

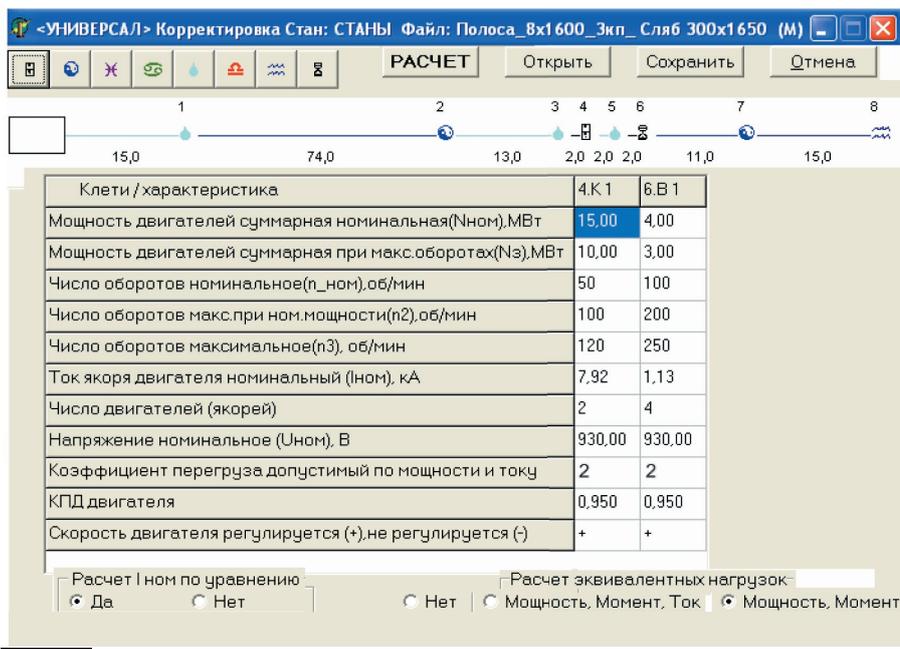


Рис. 2. Окно закладки «Характеристики двигателя»

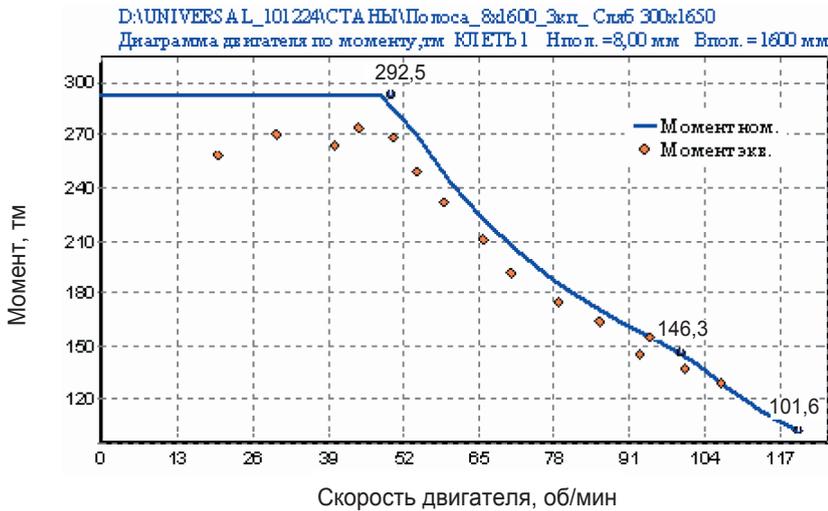


Рис. 3. Эквивалентный и номинальный моменты двигателя главного привода клетки кварто

$i_{\text{привода}}$ – суммарное передаточное число главного привода клетки; $\eta_{\text{привода}}$ – КПД линии клетки.

Эквивалентная загрузка определяется по известным уравнениям в функции от текущих приведенных значений $M_{\text{дв}}$, $N_{\text{дв}}$, которые рассчитаны по формулам таблицы с учетом времени их действия.

Предложенная методика реализована в виде отдельного программного блока, выполняющего функцию оценки соответствия режимов обжатия

возможностям двигателей главного привода, которым дополнены ранее разработанные программные пакеты «Толстяк В» и «Универсал». Блоки ввода указанных программ дополнены закладкой «Характеристики двигателей» (рис. 2). Примечание к заполнению закладки: в случае, если характеристика двигателя не предусматривается работа в третьей скоростной зоне, то во второй строке дублируется мощность первой строки, а в строке, характеризующей числа оборотов n_3 , дублируются значения чисел оборотов n_2 .

В рассматриваемом примере прокатка полосы 8×1600 мм из сляба 300×1650 мм выполняется за

15 проходов при температурном интервале 1150-870 °С. Результаты оценки соответствия режимов прокатки, рассчитанных по программе «Универсал», характеристикам двигателя главного привода приведены на рис. 3 и 4.

Выводы

Разработанная методика и ее программная реализация в комплексных программных пакетах «Толстяк В» и «Универсал» существенно упрощает процесс расчета рациональных режимов прокатки на толстолистовых и широкополосных станах и технологических требований к их основному оборудованию.

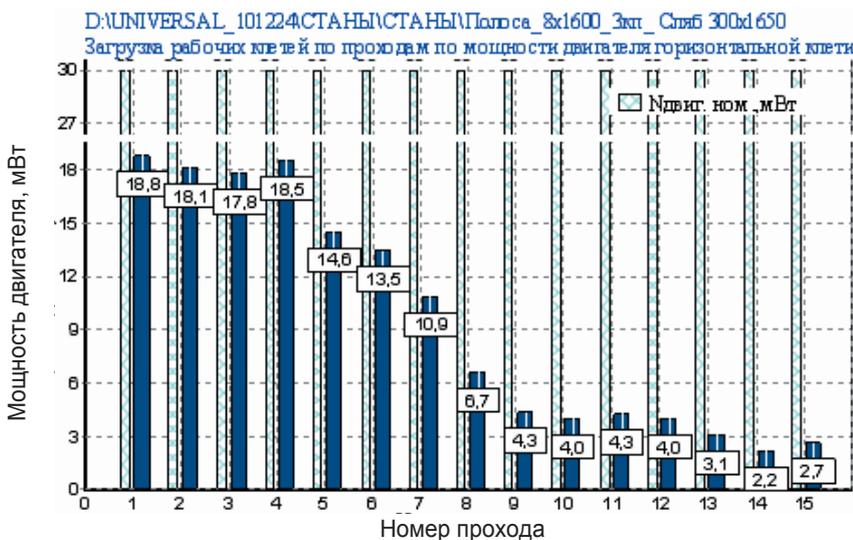


Рис. 4. Загрузка двигателя главного привода по мощности

Анотація

Стеч В. С., Остапенко А. Л., Міненко Н. В., Клименко О. В.

Методика оцінки відповідності розрахункових режимів прокатки можливостям двигунів головного приво­ду робочих клітей

Запропоновано методику розрахунку завантаження по еквівалентним і максимальним значенням потужності і моменту двигунів головного приво­ду як функції від поточних значень моменту (потужності) прокатки, приведених до номінальних характеристик двигуна. Вона дозволяє порівнювати еквівалентні навантаження з номінальними в будь-яких швидкісних зонах роботи двигуна, в тому числі і під час його роботи в декількох зонах, наприклад при прокатці з прискоренням.

Ключові слова

методика, відповідність, характеристика, двигун, привід, прокатка, момент, потужність, частота, обертання, номінальна, програма, тахограма, режим

Summary

Stech V., Ostapenko A., Minenko N., Klimenko O.

Evaluation procedure of conformance of rolling rated conditions to primary motor of working stands capabilities

It is proposed a procedure of loading calculation based on equivalent and peak power values and engine torque of primary drive motors in function from current value of rolling moment reduced to engine rating. The procedure allows to compare equivalent and nominal loads in any engine speed zones, for example, while performing accelerated rolling.

Keywords

procedure, conformance, characteristic, engine, drive, rolling, moment, power, frequency, rotation, nominal, instruction, tachogram, running regime

Поступила 10.06.11

УДК 519.711.3:517.958:681.3:669.142

В. А. Белый*, **В. Л. Найдек**, **С. Ю. Волков***, **Р. Я. Якобше**, **А. В. Мисочка***, **А. В. Ноговицын**,
А. А. Кучаев, **В. В. Белый***

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

*Компания «Agbor engineering Ltd», Харьков

Роль компьютерного моделирования в оптимизации технологических процессов непрерывной разливки стали. Сообщение 1

Дана сравнительная характеристика и описаны области применения статистических моделей и моделей математической физики в металлургических процессах. Приведена структура имитационных моделей, применяемых для моделирования сложных технологических процессов, в частности при непрерывной отливке стальных заготовок. Рассмотрены основные этапы построения конечноразностной математической модели, разработанной для расчета теплового состояния непрерывнолитой заготовки. Обсуждены особенности методики расчета температурного поля в кристаллизаторе и зоне вторичного охлаждения (ЗВО) машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ).

Ключевые слова: математическая модель, непрерывная разливка, имитационная модель, оптимизация, затвердевание заготовки

Настоящая работа является результатом плодотворного сотрудничества ведущего института в области разработок новых технологий и растущей инжиниринговой компании, деятельность которой направлена на реализацию конкретных задач по перевооружению предприятий металлургической отрасли. Основы такого сотрудничества были заложены в ходе дискуссий на заседаниях межведомственного совета по проблемам внепечной

обработки и непрерывной разливки стали. Обсуждаемая тема затрагивает совместные интересы в создании эффективных и малозатратных механизмов оценки, анализа и улучшения технологической ситуации, обнаружении резервов повышения и стабилизации качества технологического продукта, а также разработке эффективного инжиниринга на базе новых технологий и рациональных вариантов модернизации технологических линий, агрегатов и узлов.