

УДК 621.771.63

**Ю.А. ПЛЕСНЕЦОВ****ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
СКОРОСТНОГО РЕЖИМА ПРОФИЛИРОВАНИЯ**

При производстве гнутых профилей скоростной режим технологического процесса оказывает существенное влияние на качество поверхности готовых профилей, износ рабочих валков, энергозатраты, величины крутящих моментов и распределение их между верхним и нижним валками. Полученные расчетно-экспериментальные зависимости кинематики процесса профилирования обеспечили разработку новых технологических процессов с минимальным перепадом скоростей в калибрах валков и оборудования с оптимальными энергозатратами на формовку. Установлено, что при профилировании уголкового, швеллерного и z-образного профилей достаточно усилия, создаваемого приводом только нижнего валка. Применение неприводных верхних валков позволяет: уменьшить суммарный крутящий момент в рабочих клетях на 14...20%, снизить энергетические затраты на профилирование, а также потери на трение, уменьшить износ валков. Исследованиями скоростного режима профилирования на станах с передаточным отношением между основными диаметрами верхнего и нижнего валков больше единицы установлено, что верхний валок в большинстве случаев тормозит перемещение профиля со скоростью, соответствующей линейной скорости по окружностям основных диаметров.

**Ключевые слова:** гнутые профили, скоростной режим профилирования, качество поверхности профилей, износ рабочих валков, энергозатраты.

**Ю.О. ПЛЕСНЕЦОВ****ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ  
ШВИДКІСНОГО РЕЖИМУ ПРОФІЛЮВАННЯ**

При виробництві гнутих профілів швидкісний режим технологічного процесу істотно впливає на якість поверхні готових профілів, знос робочих валків, енерговитрати, величини обертових моментів і розподіл їх між верхнім і нижнім валками. Отримані розрахунково-експериментальні залежності кінематики процесу профілювання забезпечили розробку нових технологічних процесів з мінімальним перепадом швидкостей в калібрах валків і обладнання з оптимальними енерговитратами на формування. Встановлено, що при профілюванні кутових, швелерних і z-подібних профілів досить зусилля, створюваного приводом тільки нижнього валка. Застосування неприводних верхніх валків дозволяє: зменшити сумарний крутний момент в робочих клітках на 14... 20%, знизити енергетичні витрати на профілювання, а також втрати на тертя, зменшити знос валків. Дослідженнями швидкісного режиму профілювання на станах з передавальним відношенням між основними діаметрами верхнього і нижнього валків більше одиниці встановлено, що верхній валок в більшості випадків гальмує переміщення профілю зі швидкістю, що відповідає лінійній швидкості по колах основних діаметрів.

**Ключові слова:** гнуті профілі, швидкісний режим профілювання, якість поверхні профілів, знос робочих валків, енерговитрати.

**YU.A. PLESNETSOV****EXPERIMENTAL RESEARCHES OF SPEED PROFILING MODE**

In the production of bent profiles, the high-speed process mode has a significant impact on the surface quality of finished profiles, wear of work rolls, energy consumption, torque values and their distribution between the upper and lower rolls. The obtained calculated and experimental dependences of the kinematics of the profiling process provided the development of new technological processes with a minimum speed difference in the calibers of rolls and equipment with optimal energy consumption for molding. It has been established that when profiling angle, channel and z-shaped profiles, the effort created by the drive of the lower roll alone is sufficient. The use of non-driven upper rolls allows you to: reduce the total torque in the working stands by 14...20%, reduce energy costs for profiling, as well as friction losses, reduce wear of the rolls. Investigations of the high-speed profiling mode on mills with a gear ratio between the main diameters of the upper and lower rolls more than one have established that the upper roll in most cases slows down the movement of the profile at a speed corresponding to linear speed along the circles of the main diameters.

**Key words:** bent profiles, high-speed profiling mode, surface quality of profiles, wear of work rolls, energy consumption.

**Введение.** При производстве гнутых профилей скоростной режим технологического процесса оказывает существенное влияние на качество поверхности готовых профилей, износ рабочих валков, энергозатраты, величины крутящих моментов и распределение их между верхним и нижним валками.

Для конструкции профилегибочных станов промышленного назначения обычно рабочие валки изготавливают составными, т.е. состоящими из рабочего вала и укрепленных на нем профильных дисковых элементов. Такие валки наиболее удобны в эксплуатации и экономичны. Основные диаметры нижних валков принимают минимальных размеров из условий прочности вала и профильных дисковых элементов валка.

**Актуальность работы.** Основные диаметры верхних валков определяют при проектировании стана для заданного сортамента профилей с учетом размещения в верхних валках переходных форм профилируемых полос максимальной высоты. Полученные таким образом размеры диаметров

валков и их соотношение сохраняют постоянными независимо от формы и размеров профиля [1–5].

Рабочие ручьи валков могут выполняться с углами или участками освобождения и без них. В конструкции ручьев без углов освобождения ( $\alpha_H = \alpha_B$ ) обеспечивается равномерный зазор по всей ширине ручья в плоскости осевого сечения валков. При этом с увеличением высоты формовки профилируемой полосы значительно увеличивается ее относительное скольжение в валках, энергетические потери на трение, ухудшается качество профиля и т.д. Ввиду этого данная конструкция ручьев не получила широкого распространения и применяется для производства профилей небольшой высоты, когда требуется отформовать определенные элементы переходных форм профиля, и в некоторых других случаях. Выполнение рабочих ручьев с участками или углами освобождения частично уменьшает указанные

© Ю.А. Плеснецов, 2019

недостатки вследствие увеличения зазоров в местах с большим относительным скольжением между профилируемой полосой и валками.

В настоящее время оптимальный скоростной режим профилирования выбирают из условия равенства окружных скоростей пары валков в местах основных диаметров. Это условие обеспечивают специально подобранным передаточным отношением цилиндрической пары шестеренной клетки, которое определяется при проектировании стана и принимается равным отношению основных диаметров рабочих валков соответствующих клеток. Вместе с тем, при освоении производства новых технологических процессов производства гнутых профилей

**Цель и задачи работы.** Исследования скоростного режима профилирования. В задачи работы входило: получение расчетно-экспериментальных зависимостей кинематики процесса профилирования, определение влияния скоростного режима профилирования на износ элементов валков.

**Методика исследования.** Для исследования скоростного режима профилирования была сконструирована и изготовлена дифференциальная шестеренная клетка, позволяющая создавать оптимальные силовой и скоростной режимы профилирования. С помощью дифференциального узла подводимый к валкам крутящий момент распределялся пропорционально передаточному отношению  $i=2,5$  конических пар шестерен. Это передаточное отношение принято из условия его равенства отношению основных диаметров валков  $i=D_{в.о}/D_{н.о}=2,5$ .

Дифференциальный узел обеспечивает пропорциональное распределение крутящего момента к валкам независимо от частоты вращения и дает возможность провести процесс профилирования в оптимальном силовом и скоростном режиме, что является важнейшим фактором улучшения качества продукции, снижения энергетических потерь и износа валков.

При формовке в валках усилие, обеспечивающее продольное перемещение профиля, создается совместным воздействием на полосу обоих валков. Это усилие является суммой горизонтальных проекций равнодействующих со стороны каждого валка, приложенных к профилируемой полосе:

$$Q=Q_1+Q_2, \quad (1)$$

где  $Q_1$  и  $Q_2$  – горизонтальные проекции равнодействующих соответственно со стороны верхнего и нижнего валков.

Соотношение между крутящими моментами на верхнем и нижнем валках определяется передаточными отношениями конических пар шестеренной клетки с дифференциальным узлом  $M_1=iM_2$ .

Последовательное увеличение высоты профиля от клетки к клетке сопровождается перемещением мест приложения равнодействующих в сторону верхнего

валка. Линии действия сил  $Q_1$  и  $Q_2$  поднимаются кверху, т. е. расстояние от линии действия горизонтальной составляющей со стороны верхнего валка до оси верхнего валка  $R_в$  уменьшается, а расстояние от линии действия горизонтальной составляющей со стороны нижнего валка до оси нижнего валка  $R_н$  увеличивается. При этом уменьшение величины  $R_в$  не равно увеличению  $R_н$ . Горизонтальная составляющая, приложенная со стороны верхнего валка  $Q_1$ , увеличивается, а со стороны нижнего валка  $Q_2$  – уменьшается.

Частота вращения верхнего валка  $n_в$  и угловая скорость  $T_в$  с увеличением высоты формируемой полосы вследствие уменьшения радиуса приложения действующих сил увеличиваются, а нижнего валка вследствие увеличения радиуса приложения сил уменьшаются. В рабочей клетке с пропорциональным распределением крутящих моментов по валкам оптимальный процесс профилирования обеспечивается изменением соотношения их частоты вращения без нарушения силового контакта валков и полосы. Полученные таким образом фактические передаточные отношения являются оптимальными при формовке данного профиля:

$$i = n_н/n_в. \quad (2)$$

Ряд средних по клеткам фактических отношений частот вращений при последовательном профилировании в рабочей клетке с дифференциальным приводом профилей всего сортамента стана следует рекомендовать при проектировании вновь строящихся станов. Шестеренные клетки этих станов должны иметь цилиндрические пары шестерен с передаточным отношением, соответствующим среднему фактическому отношению частот вращений валков, полученному в клетке дифференциальным приводом.

Экспериментально катающие диаметры верхнего валка определялись методом кернов, сущность которого заключается в нанесении валками отпечатков (кернов) на профилируемую полосу. Катающий диаметр верхнего валка определялся по замерам на полосе расстояний между кернами  $L_к$  за один оборот валка  $n_в=1$  по формуле

$$D_{к.в}=L_к/(p n_в). \quad (3)$$

Для определения катающего диаметра нижнего валка применяли специально изготовленную измерительную установку (рис. 1), с помощью которой устанавливали отношения чисел оборотов верхнего и нижнего валков.

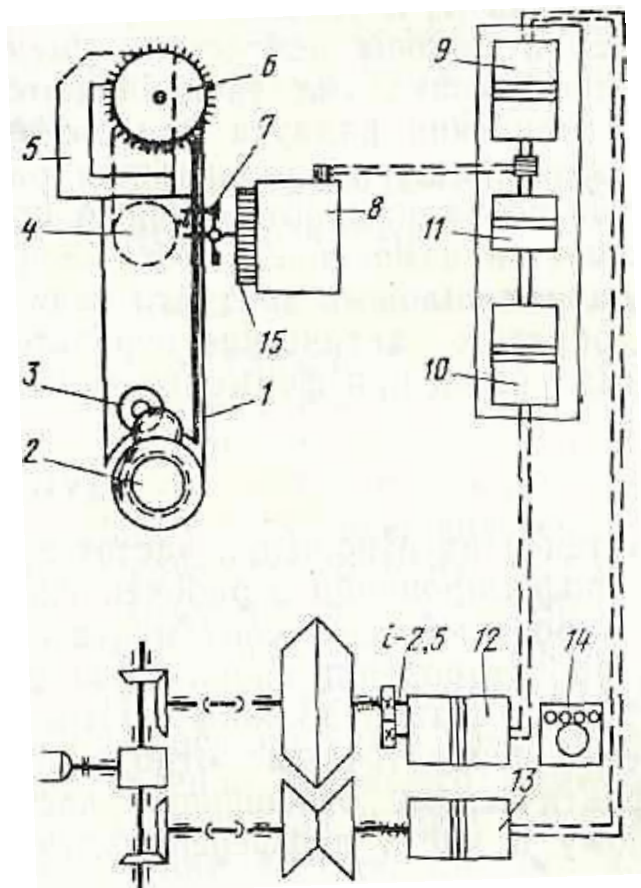


Рис. 1 – Схема измерительной установки для определения отношения чисел оборотов валка

В основу измерительной установки была положена следящая система, смонтированная на контактных сельсинах. Следящая система, будучи многообходным устройством, позволяет передавать любую требуемую частоту вращения с достаточной точностью (до  $\pm 30'$ ). Сельсинная система состоит из одного датчика и одного или нескольких приемников. По конструкции приемники и датчики совершенно одинаковы и имеют по две обмотки: первичную, создающую пульсирующий поток, ось которого поворачивается вместе с поворотом ротора машины, и вторичную многофазную, в которых наводится э.д.с. от потока, создаваемого первичной обмоткой. При симметричной магнитной системе и включении вторичной обмотки на симметричную нагрузку результирующая сумма потоков, создаваемых токами вторичных обмоток, направлена строго противоположно первичному потоку машины. Таким образом, в этих условиях токи первичной и вторичной обмоток не создают вращающего момента. При повороте оси ротора датчика на определенный угол рассогласования во вторичных цепях системы возникает вращающий момент, стремящийся повернуть ось ротора приемника в положение оси ротора датчика, при котором момент равен нулю и роторы датчика и приемника занимают устойчивое положение относительно друг друга.

В измерительной установке роторы сельсин-датчиков 12 и 13 получают вращение от валков; э.д.с.,

возникающая во вторичных цепях датчиков и приемников 9 и 10, создает крутящий момент, вращающий роторы приемника синхронно вращению валков. Статор сельсин-датчика 11 посажен на вал ротора сельсина 10, а ротор соединен муфтой с ротором сельсина 9. При одинаковой частоте вращения валков, т.е. когда передаточное отношение  $i=2,5$ , что соответствует передаточному отношению конических пар шестеренной клетки, ротор и статор сельсин-датчика 11 вращаются с одинаковой угловой скоростью, не вызывая э.д.с. во вторичных цепях следящей системы сельсин-датчика 11 и сельсин-приемника 8. При этом ротор сельсин-приемника 8, несущий на своем валу перо самописца 7, остается неподвижным.

При изменении отношения частот вращения верхнего и нижнего валков изменяются отношения частот вращения роторов сельсин-датчиков 12 и 13 и сельсин-приемников 9 и 10, что вызывает поворот ротора сельсина 11 относительно его статора. Это в свою очередь вызывает э.д.с. во вторичной цепи сельсин-датчика 11 и приемника 8, под действием которой ротор приемника 8 совместно с пером 7 повернется на угол, пропорциональный изменению отношения частот вращения. На перемещающейся бумажной перфорированной ленте 1 при этом будет производиться отметка перемещения пера 7 самописца.

Лента 1 с рулона 4 подается при помощи зубчатого барабана 2, приводимого во вращение электродвигателем 5. Лента наматывается на барабан 6 с постоянным натяжением от электродвигателя 3. Для включения самописца 7 в момент снятия замеров на корпусе сельсина 8 укреплен кольцевой электромагнит 15. Частоту вращения верхнего валка определяли с помощью специально изготовленного счетчика оборотов 14. Точность отсчетов составляла 0,001 оборота. Конструкция счетчика позволяет включать регистрирующую часть при помощи электромагнитной муфты одновременно с включением электромагнита самописца. Регистрирующие узлы измерительной установки (самописец, счетчик оборотов, осциллограф) включались от одного микровыключателя через систему исполнительных электромагнитных реле. По характеру записанной кривой на равномерно движущейся ленте можно определить рассогласование частот вращения валков. Частоту вращения верхнего валка определяли по счетчику числа оборотов, а нижнего по формуле

$$n_n = i n_b \pm n_1, \quad (4)$$

где  $n_1$  – рассогласование чисел оборотов верхнего и нижнего валков (знак перед  $n_1$  определяется при тарировке).

Катающий диаметр нижнего валка

$$D_{к.н} = \frac{L}{\pi n_n} = \frac{L}{\pi (i n_b \pm n_1)}, \quad (5)$$

где  $L$  – длина исследуемого участка профиля.

Для анализа скоростного режима при профилировании удобно пользоваться отношением фактических катающих диаметров:

$$i_{\phi} = D_{к.с}/D_{к.н} = i \pm (n_1/n_s). \quad (6)$$

Разработанная методика позволила определить характер влияния ширины полки и углов подгибки на величину передаточного отношения и величины катающих диаметров.

Для определения скорости формируемого профиля в стане использовался фотоэлектрический метод измерения.

После каждой рабочей клетки стана устанавливали две фотоэлектрические пары фотодатчик – осветитель. Расстояние между парами было максимально возможным в пределах межклетевого расстояния. Конструкция фотоэлектрического датчика позволяла легко и надежно проводить замеры в условиях повышенной вибрации и влаги (эмульсии) на промышленных станах. Импульсы фотодатчиков, отметчика времени и датчика оборотов распределительного вала регистрировали осциллографом Н-700 (рис. 2). Расстояние на осциллографе между точками 1-2 и 3-4 в масштабе отметчика времени равно времени прохождения передним концом полосы расстояния, на котором установлены пары фотодатчиков в межклетевом пространстве соответственно перед и после рабочей клетки. Зная расстояние  $d$  между парой фотодатчиков и время  $t$  прохождения этого расстояния, можно определить скорость полосы на данном участке:

$$v = d/t. \quad (7)$$

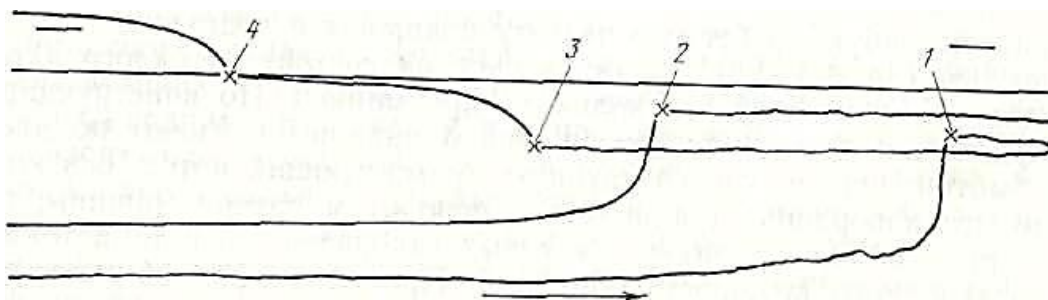


Рис. 2 – Осциллограмма скорости профилируемой полосы: 1-4 – моменты включения фотодатчиков, установленных перед и после клеток стана

Разработанная методика позволила определить особенности скоростного режима профилирования и объяснить характер износа валков и скольжения заготовки в калибрах.

**Результаты исследований скоростного режима профилирования.** Для определения катающих диаметров валков были проведены экспериментальные исследования на рабочей клетке с приводом от дифференциальной шестеренной клетки. В качестве заготовок применялись полосы из стали 08кп толщиной 3 мм, с шириной, необходимой для получения равнобоких уголков с полками 20 мм, 30 мм, 40 мм, 50 мм, 60 мм, 70 мм и 80 мм. На

основании произведенных замеров на дифференциальной клетке в валках с отношением диаметров 2,5 при профилировании уголков по режиму  $0^\circ \rightarrow 8^\circ \rightarrow 18^\circ \rightarrow 30^\circ \rightarrow 45^\circ$  было установлено, что при формовке в валках с углом подгибки  $8^\circ$  отношение  $n_n/n_b$  с увеличением ширины полки уменьшалось с 2,43 при ширине полок 20 мм до 2,29 при ширине полок 80 мм. Катающий диаметр верхнего валка практически оставался постоянным независимо от изменения ширины подгибаемых полок. Катающий диаметр нижнего валка изменялся более интенсивно. С увеличением суммарного угла подгибки отношения частот вращений нижнего и

верхнего валков и величины катающих диаметров в зависимости от ширины полок уголков изменялись более интенсивно. Так, при суммарном угле подгибки  $45^\circ$  отношение  $n_n/n_v$  уменьшалось с 2,28 при ширине полок 20 мм до 1,63 при ширине полок 80 мм. Катающий диаметр верхнего валка при этом изменялся от 363 мм до 330 мм, нижнего – от 160 мм до 200 мм.

С увеличением суммарного угла подгибки отношение  $n_n/n_v$  уменьшалось. Катающие диаметры верхнего валка уменьшаются, а нижнего увеличиваются. Так, при формовке уголков  $30 \times 30 \times 3$  мм отношение  $n_n/n_v$  уменьшилось с 2,41 при угле подгибки  $8^\circ$  до 2,17 при суммарном угле подгибки  $45^\circ$ . Катающий, диаметр верхнего валка при этом изменялся от 373 мм до 367 мм, нижнего – от 155 мм до 165 мм. Для уголка  $80 \times 80 \times 3$  мм отношение  $n_n/n_v$  изменялось с 2,28 при угле подгибки  $8^\circ$  до 1,63 при суммарном угле подгибки  $45^\circ$ . Величина катающих диаметров при этом изменялась от 373 мм до 300 мм для верхнего валка и от 164 мм до 200 мм для нижнего.

Катающие диаметры валков, соответствующие фактическому скоростному режиму, с увеличением ширины профилируемой полосы и суммарного угла подгибки, изменяются: верхнего – в сторону уменьшения, нижнего – в сторону увеличения по сравнению с основными диаметрами. Это объясняется увеличением высоты переходных форм профилируемых полос, а, следовательно, и перемещением мест контакта полосы с валками в сторону верхнего валка. Отношение  $n_n/n_v$  при это уменьшается. На основании замеров на дифференциальной клетки в валках с отношением диаметров 2,5 при профилировании уголков по режиму  $0^\circ \rightarrow 8^\circ \rightarrow 18^\circ \rightarrow 30^\circ \rightarrow 45^\circ$  установлены оптимальные передаточные отношения цилиндрических пар шестеренных клеток стана, предназначенного для профилирования уголковых профилей указанных размеров, которые составляют по клетям 2,5; 2,36; 2,36; 2,18; 1,95.

Исследованиями скоростного режима профилирования на станах с передаточным отношением между основными диаметрами верхнего и нижнего валков больше единицы установлено, что верхний валок в большинстве случаев тормозит перемещение профиля со скоростью, соответствующей линейной скорости по окружностям основных диаметров. Вследствие разности скоростей между верхним валком и профилем возникает трение скольжения, что неизбежно приводит к ухудшению качества профиля, повышенному износу валков, увеличению энергетических затрат на профилирование, а в некоторых случаях к поломке деталей рабочей клетки.

При профилировании уголковых, швеллерных и z-образных профилей выяснилось, что для осуществления процесса профилирования во всех случаях достаточно усилия, создаваемого приводом

только нижнего валка. В связи с этим в ряде случаев верхние валки отключались, что обеспечивало одинаковую линейную скорость валков и профиля в местах контакта.

На профилегибочном стане  $2...6 \times 50...500$  при изготовлении швеллеров с размерами  $80 \times 80 \times 3$  мм по режиму  $8^\circ \rightarrow 18^\circ \rightarrow 30^\circ \rightarrow 44^\circ \rightarrow 58^\circ \rightarrow 70^\circ \rightarrow 80^\circ \rightarrow 90^\circ$  крутящий момент верхнего валка в 2...3 раза меньше нижнего при углах подгибки до  $30^\circ$  и отрицателен или близок к нулю при углах подгибки от  $44^\circ$  до  $90^\circ$ . В то же время катающие диаметры нижнего валка во всех клетях больше основного диаметра на 0,5...1%, верхнего валка – на 0,2...0,8%, т.е. линейная скорость любой точки верхнего валка меньше скорости движения профиля:

- верхний валок тормозит движение профиля;
- нижний валок является ведущим;
- крутящий момент на нижнем валке увеличивается в результате преодоления тормозящего момента верхнего валка.

При профилировании с неприводным верхним валком катающие диаметры нижних валков на 0,5...1% больше основного диаметра, верхних валков – практически равны основному диаметру. Профиль перемещался под воздействием нижнего ведущего валка со скоростью, практически равной линейной скорости по окружности основного диаметра нижнего валка; верхний холостой валок приводился во вращение движущимся профилем. Линейная скорость по окружности основного диаметра верхнего валка практически была равна скорости перемещения профиля.

Суммарный крутящий момент рабочей клетки стана с обычной схемой привода обоих валков состоит из моментов нижнего и верхнего валков, а такой же момент клетки с холостым верхним валком равен крутящему моменту только нижнего валка. При профилировании швеллера  $80 \times 80 \times 3$  мм в валках с суммарными углами подгибки  $44^\circ \rightarrow 58^\circ \rightarrow 70^\circ \rightarrow 80^\circ \rightarrow 90^\circ$  (см. табл. 1) крутящий момент на нижнем валке клетки стана с неприводным верхним валком меньше, чем в клетки стана с обычной схемой привода на 25,4%; 22,3%; 19,5%; 12,4% и 15,6%, соответственно (рис. 3). Это объясняется отсутствием тормозящего момента верхнего валка в схеме привода с холостым верхним валком. В работе получены расчетно-экспериментальные зависимости крутящих моментов при профилировании от суммарных углов подгибки:

- для суммарного крутящего момента, приведенного к нижнему валу (привод верхнего и нижнего валка)

$$M_{кр. сумм} = 0,0123 \alpha_n^3 - 2,4327 \alpha_n^2 + 156,72 \alpha_n - 3147,9;$$

- для крутящего момента нижнего валка с неприводным верхним:

$$M_{кр} = 0,0148 \alpha_n^3 - 2,9104 \alpha_n^2 + 184,59 \alpha_n - 3608,$$

где  $\alpha_n$  – суммарный угол подгибки в  $n$ -ой клетки.



Таблица 1 – Крутящие моменты при профилировании

Привод	Крутящий момент, Нм	Суммарные углы подгибки				
		44°	58°	70°	80°	90°
верхнего и нижнего валков	На нижнем валке	120	220	145	140	260
	На верхнем валке	-15	-35	-5	-7	-12
	Суммарный, приведенный к нижнему валку	144	206	143	137	255
нижнего валка с неприводным верхним	На нижнем валке	85	160	115	120	215

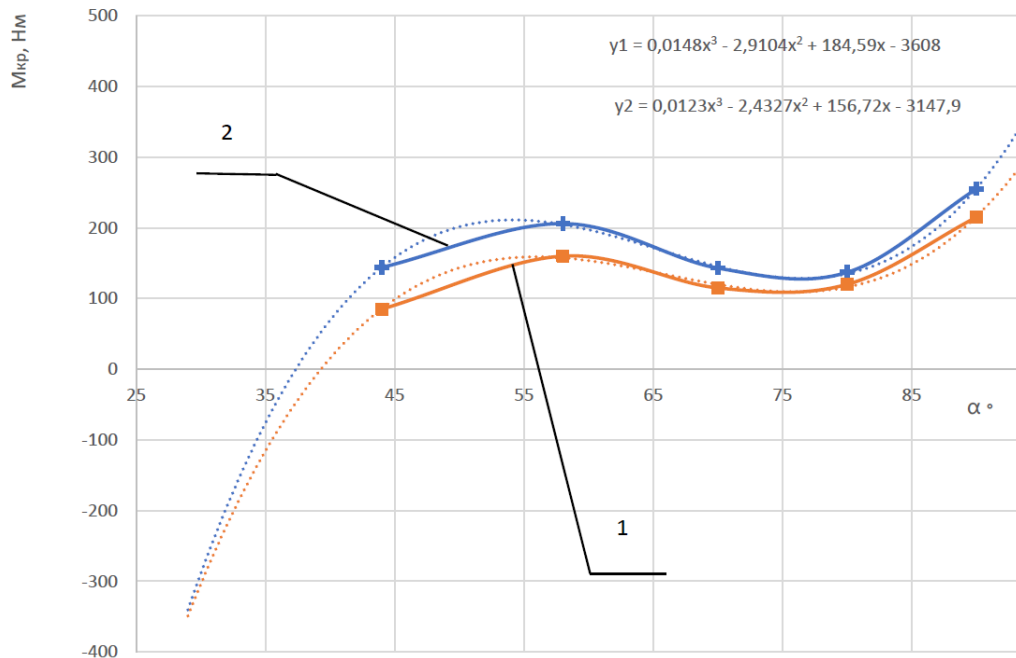


Рис. 3 – Графики и расчетно-экспериментальные зависимости крутящих моментов от углов подгибки: 1 – на нижнем валке (верхний неприводной); 2 – суммарный, приведенный к нижнему валку

Следовательно, применение неприводных верхних валков позволяет:

- уменьшить суммарный крутящий момент в рабочих клетях на 14...20%;
- уменьшить энергетические затраты на профилирование;
- снизить потери на трение;
- уменьшить износ валков.

Результаты анализа износа валков при изготовлении профилей показали, что с увеличением углов подгибки элементов профиля по клетям и, следовательно, глубины вреза калибров в валки создается постоянное увеличение перепада окружных скоростей по высоте рабочих калибров. Участки калибров, наиболее удаленные от основного диаметра валка (формирующие гребни и бурты), изнашиваются в большей степени. В связи с этим, при разработке калибровки валков с целью повышения срока их службы следует:

- принимать радиусы закругления в рабочих калибрах и расчетные размеры по стенке профиля уменьшенными на величину минусового допуска;
- применять углов и участков освобождения в калибрах валков.

**Выводы.** 1. Полученные расчетно-экспериментальные зависимости кинематики процесса профилирования обеспечили разработку

новых технологических процессов с минимальным перепадом скоростей в калибрах валков и оборудования с оптимальными энергозатратами на формовку.

2. Установлено, что при профилировании угольковых, швеллерных и z-образных профилей во всех случаях достаточно усилия, создаваемого приводом только нижнего валка.

3. Применение неприводных верхних валков позволяет: уменьшить суммарный крутящий момент в рабочих клетях на 14...20%, снизить энергетические затраты на профилирование, а также потери на трение, уменьшить износ валков.

4. Исследованиями скоростного режима профилирования на станах с передаточным отношением между основными диаметрами верхнего и нижнего валков больше единицы установлено, что верхний валок в большинстве случаев тормозит перемещение профиля со скоростью, соответствующей линейной скорости по окружностям основных диаметров.

## Список литературы

1. Тришевский И.С. Калибровка валков для производства гнутых профилей проката / И.С. Тришевский, В.И. Мирошниченко, В.П. Стукалов и др. – Киев: Техника, 1980. – 168 с.
2. Тришевский И.С. Производство гнутых профилей. Оборудование и технологии. / И.С. Тришевский, А.Б. Юрченко, В.С. Марьин и др. – М.: Металлургия, 1982. – 384 с.
3. Тришевский И.С., Докторов М.Е. Теоретические основы процесса профилирования. – М.: Металлургия, 1980. – 288 с.
4. Тришевский И.С. Гнутые профили проката. Справочник / И.С. Тришевский, В.И. Мирошниченко, В.П. Стукалов и др. – М.: Металлургия, 1980. – 352 с.
5. Тришевский И.С. Производство деталей из гнутых профилей / И.С. Тришевский, В.С. Марьин, В.А. Хмель. – Киев: Техника, 1985. – 128 с.

## References (transliterated)

1. Trishevskij I.S. Kalibrovka valkov dlya proizvodstva gnutyh profilej prokata / I.S. Trishevskij, V.I. Miroshnichenko, V.P. Stukalov i dr. – Kiev: Tehnika, 1980. – 168 p.
2. Trishevskij I.S. Proizvodstvo gnutyh profilej. Oborudovanie i tehnologii. / I.S. Trishevskij, A.B. Yurchenko, V.S. Marin i dr. – Moscow: Metallurgiya, 1982. – 384 p.
3. Trishevskij I.S., Doktorov M.E. Teoreticheskie osnovy processa profilirovaniya. – Moscow: Metallurgiya, 1980. – 288 p.
4. Trishevskij I.S. Gnutye profili prokata. Spravochnik / I.S. Trishevskij, V.I. Miroshnichenko, V.P. Stukalov i dr. – Moscow: Metallurgiya, 1980. – 352 p.
5. Trishevskij I.S. Proizvodstvo detalej iz gnutyh profilej / I.S. Trishevskij, V.S. Marin, V.A. Hmel. – Kiev: Tehnika, 1985. – 128 p.

Поступила (received) 06.09.19

## Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Плеснецов Юрій Олександрович (Плеснецов Юрий Александрович, Plesnetsov Yuriy Aleksandrovich)** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри «Комп'ютерні та радіоелектронні системи контролю та діагностики», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна, e-mail: plesnetsov@gmail.com