

О сложностях компоновки электропривода прокатного стана локомобильного металлургического микро-завода нового поколения

02, июнь 2018

Мальцев А. А.

УДК: 621.771.06-88

¹Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

a.a.mal@bmstu.ru

Введение

Последние годы в России ведутся работы по проектированию мобильных металлургических микро-заводов нового поколения, имеющих судовое [1] и железнодорожное [2] базирование, которое позволяет свободно перемещаться по транспортным магистралям к местам скопления металлолома для его переработки в коммерческую заготовку или готовый арматурный (и не только) металлопрокат.

Автору неизвестны ни отечественные, ни зарубежные внедренные в производство аналоги таких микро-заводов, поэтому пока проблематично даже ориентировочно оценить всю потребность металлургической промышленности в подвижных литейно-прокатных комплексах, эффективность их использования.

Проще всего составить технико-экономическое обоснование решению об изготовлении в будущем опытного образца уникального литейно-прокатного комплекса ЛПК-50 ЖБ, разрабатываемого автором вместе со студентами МГТУ им. Н.Э. Баумана [3], доказав, что мобильность этого комплекса значительно упростит транспортную логистику хотя бы за счет исключения операторов-посредников по перевозке металлолома и готовой продукции на значительные расстояния. Сама возможность транспортировки по железнодорожному пути громоздкого литейно-прокатного оборудования уже косвенно подтверждена тем, что австрийская компания «Plasser & Theurer» совместно с венгерской фирмой «Swietelsky» смогли изготовить гигантский робот-путьекладчик RU 800 S массой до 700 тонн (с щебнями и бетонными шпалами) в виде полукилометрового сборочного конвейера на рельсовом ходу (https://wn.com/swietelsky_ru_800_s).

1. Выбор грузоподъемного и литейно-прокатного оборудования для металлургического микро-завода

В качестве локомотива для ЛПК-50 ЖБ целесообразно использовать дизельный локомобиль (мощный грузовой автомобиль или трактор с направляющими железнодорожными

роликами) как современный вид тяги, альтернативный тепловозу, — оптимальное решение для перевозки несколько вагонов на небольшие расстояния. Отталкиваясь от рельсов своими резиновыми колесами, а не металлическими роликами, локомобиль не портит железнодорожный путь. Оснащенная радиостанцией и прицепным оборудованием — грузоподъемным краном-манипулятором с грейфером или электромагнитом для погрузки металлолома в бадью печи, — универсальная машина на комбинированном железнодорожном ходу (локомобиль), значительно экономичнее тепловоза (рис.1).



Рис. 1. Локомобиль: 1 — рельс; 2 — кабина водителя; 3 — грузоподъемный кран; 4 — кабина крановщика; 5 — грейфер для металлолома; 6 — направляющий железнодорожный ролик

Автор размышляет над тем, как сделать локомобильным весь микро-завод, тогда появится возможность самостоятельного передвижения грузоподъемного и литейно-прокатного оборудования не только по железным, но и по автомобильным дорогам (бездорожью) к металлолому и металлоемким объектам.

Сырьем для ЛПК-50 ЖБ являются стальные лом и отходы №1 (1А), стальные лом и отходы №4 (4А, 4Б) и брикеты №1 из стальной стружки (6А, 6Б), которые используют в качестве металлической шихты для индукционной электропечи, выплавляющей сталь [4]. Стальные лом и отходы №1 представляют собой кусковые лом и отходы. Масса куска 0,5 ... 40 кг. Размеры куска не более 300×200×150 мм. Толщина металла не менее 6 мм. Засоренность безвредными примесями не превышает 2% по массе. Стальные лом и отходы №4 — это мелкие кусковые отходы метизного и других производств, лом изделий метизного производства (костыли, болты, гайки). Масса куска 0,025 ... 20 кг. Размеры куска не более 200×150×100 мм. Толщина металла не менее 6 мм. Засоренность безвредными примесями не превышает 0,5% по массе. Брикет №1 — это брикеты, спрессованные из стальной стружки. Масса брикетов 2 ... 50 кг при плотности не менее 5000 кг/м³. Габариты не регламентируются.

Подготовленный металлолом поступает при помощи полноповоротного крана-манипулятора сначала в загрузочную бадью, а затем в тигель индукционной сталеплавильной печи железнодорожного базирования (рис. 2).

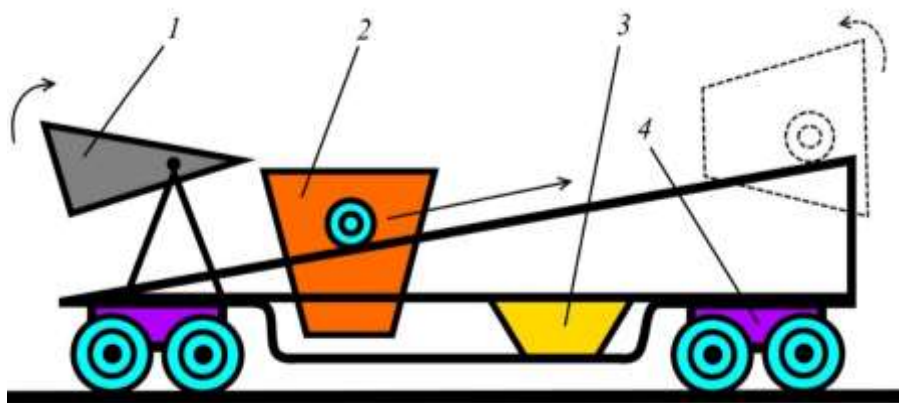


Рис. 2. Индукционная сталеплавильная печь железнодорожного базирования:
1 — бадейка; 2 — индукционная печь; 3 — шлаковня; 4 — двуосная железнодорожная тележка

Из индукционной печи расплавленный металл переливается в печь-ковш, снабженный трайб-аппаратом, для комплексной обработки — доведения по температуре и по химическому составу до требуемой кондиции (рис. 3).

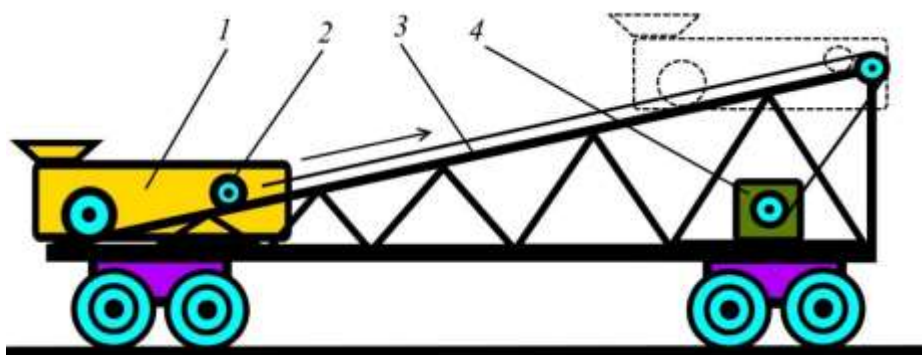


Рис. 3. Печь-ковш железнодорожного базирования: 1 — печь-ковш; 2 — ролик;
3 — металлоконструкция с направляющими; 4 — электрическая лебедка

Из печи-ковша жидкая сталь снова переливается в промежуточный ковш горизонтальной машины непрерывного литья заготовок (ГМНЛЗ) конструкции ООО «СПЕЦМАШ» (<http://www.nppsm.ru/>) (рис. 4).

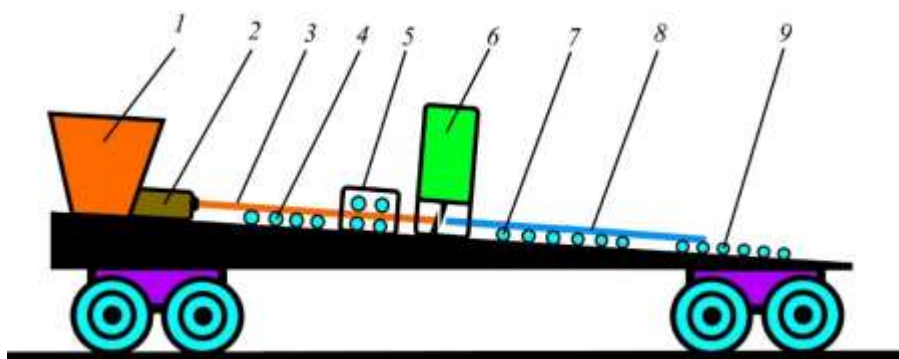


Рис. 4. ГМНЛЗ железнодорожного базирования:
1 — промковш; 2 — кристаллизатор; 3 — непрерывно литая заготовка;
4 — рольганг зоны воздушного охлаждения; 5 — механизм вытягивания заготовок; 6 — летучие ножницы;
7 — уборочный рольганг; 8 — затравка; 9 — рольганг затравки

После ГМНЛЗ непрерывно литая заготовка круглого сечения $\varnothing 60 \dots 180$ мм или квадратного сечения $60 \times 60 \dots 175 \times 175$ мм задается в рабочие клетки 18-клетьевого (рис. 4, а, б, в) непрерывного однориточного мелкосортного прокатного стана конструкции ВНИИМЕТМАШ [5].

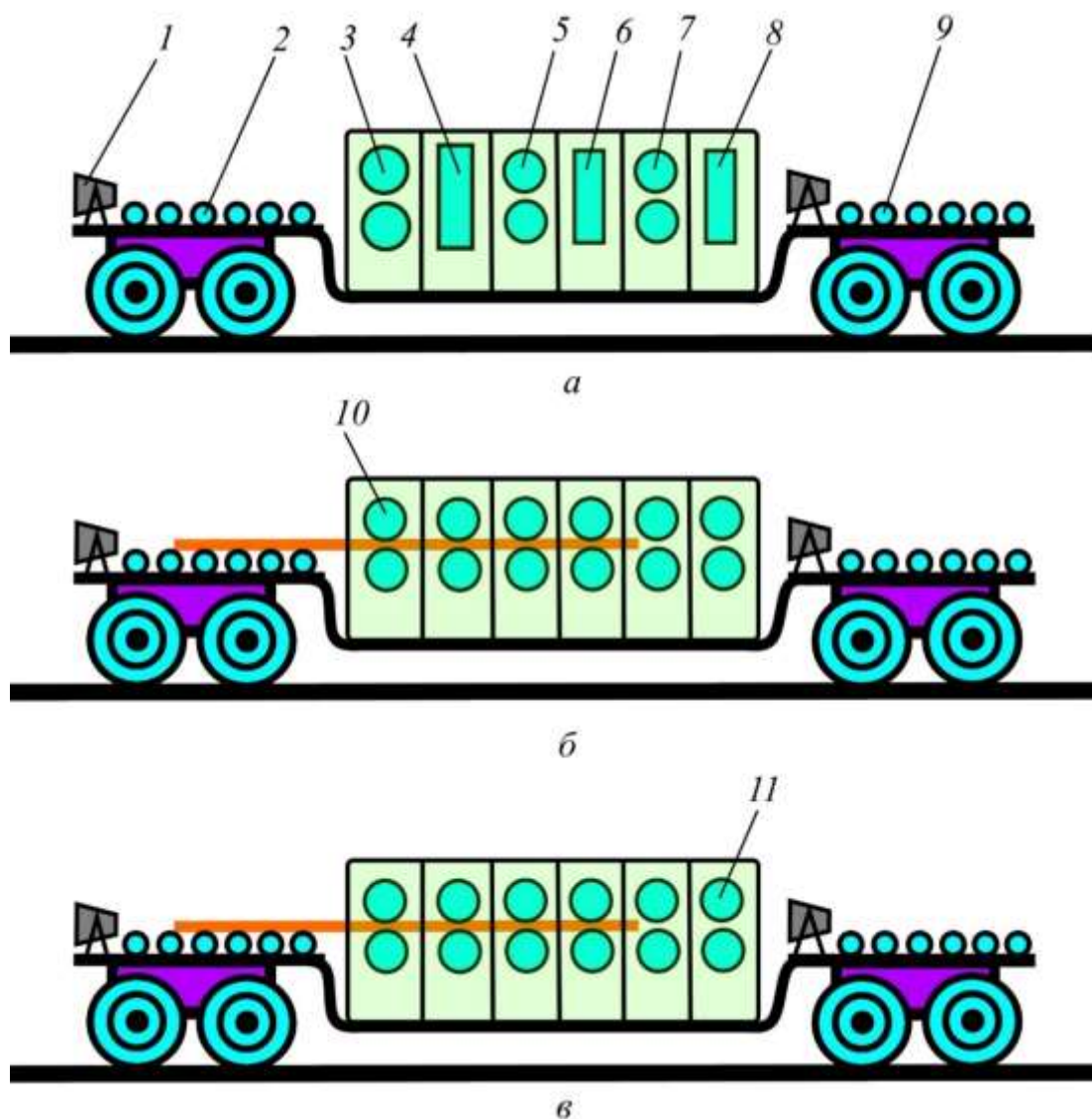


Рис. 5. Черновая (а), промежуточная (б) и чистовая (в) группы рабочих клеток сортопрокатного стана железнодорожного базирования: 1 — проводка; 2 — приемный рольганг; 3, 4 — горизонтальная и вертикальная клетки дуо-560; 5, 6, 7, 8 — горизонтальные и вертикальные клетки дуо-450; 9 — выходной рольганг; 10 — горизонтальные клетки дуо-380; 11 — горизонтальные клетки дуо-280

Наконец, прокатанный металл подается в зону ускоренного охлаждения (рис. 6, а), где происходит его закалка с формированием механических характеристик высокого уровня, и на специальный реечный холодильник (рис. 6, б), после чего режется ножницами на прутки арматуры стандартной длины. Готовая продукция собирается в кармане-накопителе (рис. 6, в), где взвешивается, обвязывается и отгружается на мотовоз или дрезину для вывоза потребителю.

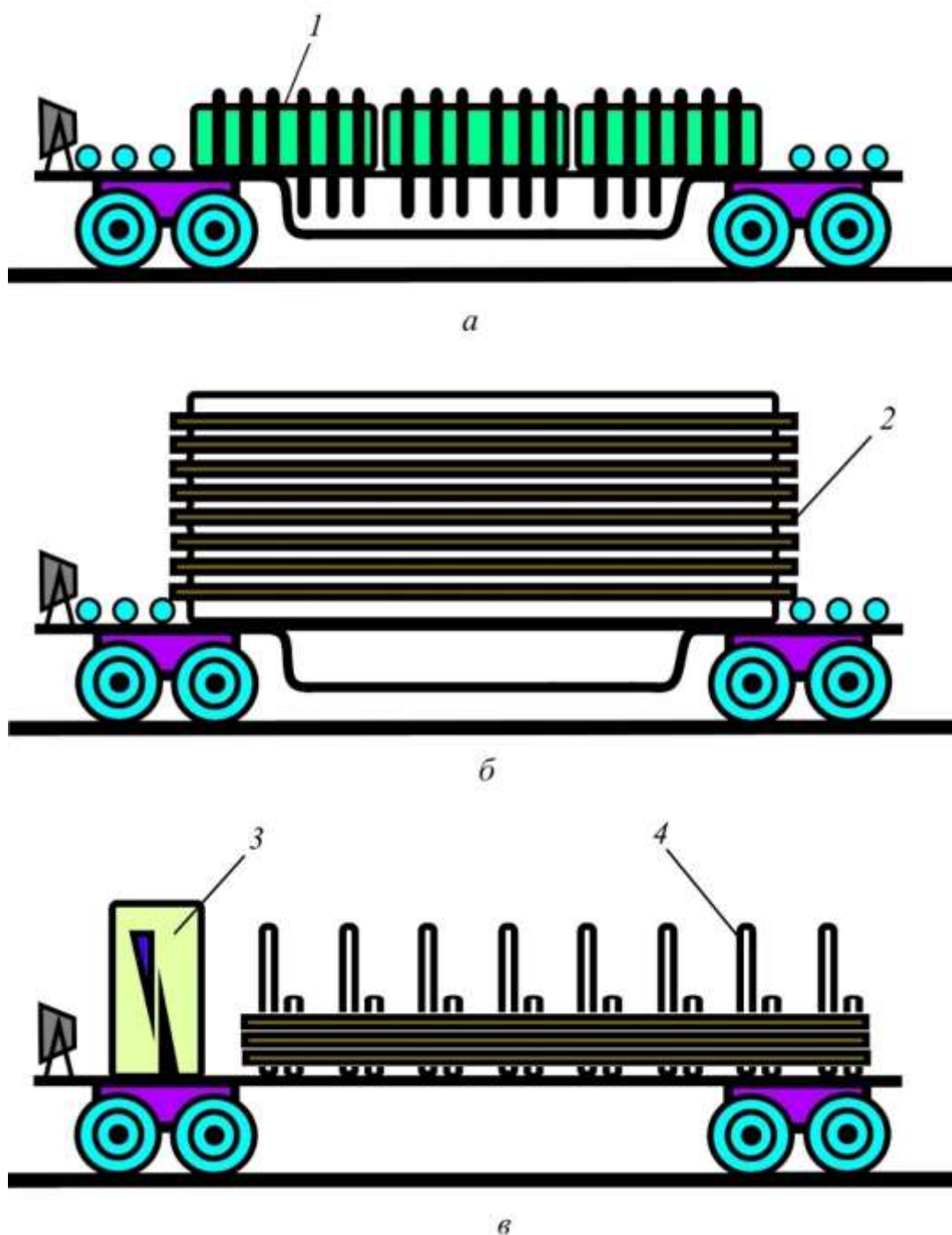


Рис. 6. Холодильник (*а, б*) и обвязчик (*в*) железнодорожного базирования:
 1 — блок ускоренного охлаждения; 2 — реечный холодильник;
 3 — ножницы холодной резки; 4 — карман-накопитель с весами

2. Оптимальный путь решения проблемы компоновки электропривода прокатного стана железнодорожного базирования

Соблюдение габарита Т по высоте (5300 мм от уровня верха головок рельсов) и особенно по ширине (не более 3750 мм) препятствует установке прокатного стана на железнодорожный путь: не помещаются универсальные шпиндели и комбинированные редукторы главных

электроприводов. Предпочтительный вариант решения этой проблемы — перекомпоновка электроприводов всех рабочих клеток дуо-560, дуо-450, дуо-380 и дуо-280. Автором предложена замена группового электропривода рабочих валков индивидуальным электроприводом с планетарным мотор-редуктором, без шестеренных валков и шпинделей [6].

Важнейшим этапом решения задачи синтеза нового электропривода с заданными свойствами является компьютерное исследование протекающих в нем кратковременных электромеханических переходных процессов. За доли секунды — именно столько обычно длится переходный процесс — даже при существенных бросках токов и моментов тепловое состояние силовых элементов электропривода изменяется незначительно и не учитывается в расчетах, однако скорость, токи и моменты иногда в несколько раз превышают установившиеся значения [7].

Так, построенный в среде MathCAD график механического переходного процесса — осциллограмма крутильных колебаний на шпиндельном участке электропривода горизонтальной клетки дуо-450 [8] — вызвал подозрение, что в опасном сечении верхнего рабочего валка (кольцевой галтельный переход радиусом $\rho = 2$ мм от бочки диаметром $D = 450$ мм к участку шейки диаметром $d = 380$ мм) могут накапливаться циклические повреждения, в долгосрочной перспективе грозящие валку усталостным разрушением. Полярный момент сопротивления кручению сплошного круглого опасного сечения диаметром $D_{\text{сеч}} = 0,415$ м равен $W_{\text{сеч}} = 0,014$ м³. Максимальное напряжение в сечении $\tau_{\text{max}} = 3,7$ МПа, а минимальное $\tau_{\text{min}} = -0,2$ МПа. Наибольшая приведенная амплитуда спектра нагрузки в сечении $\tau_{\text{пр max}} = 2$ МПа оказалась значительно ниже предела выносливости опасного сечения рабочего валка при кручении $\tau_{-1\text{сеч}} = 86$ МПа, поэтому циклический ресурс рабочего валка не ограничен.

Заключение

Для дальнейшего исследования переходного процесса путем симуляции крутильных колебаний, возникающих в линии индивидуального электропривода после удара прокатываемой заготовки о рабочий валок, принято решение из имеющегося в NI Multisim набора компонентов по аналогии с [9], где «разработана структура блока, моделирующего в среде NI Multisim кинематический люфт между электродвигателем и объектом управления», построить многомассовую крутильно-колебательную аналоговую модель (рис. 7).

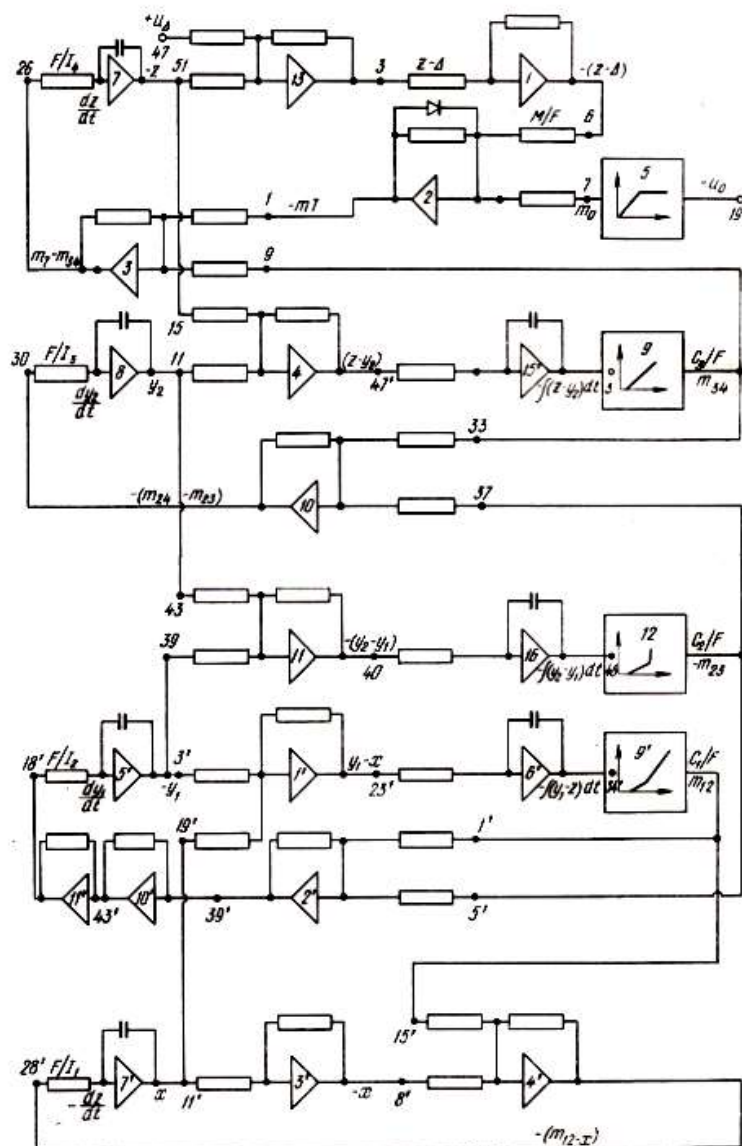


Рис. 7. Схема набора решающих элементов [10]

Список литературы

- [1]. Злобин А., Злобин С. Судовой мобильный металлургический комплекс / А. Злобин // Металлоснабжение и сбыт. – 2012. – № 11. – С. 112–119.
- [2]. Мальцев А.А., Низамова Г.Х. Литейно-прокатный дизель-электропоезд / А.А. Мальцев // Технологии инженерных и информационных систем. – 2017. – № 1. – С. 65-77.
- [3]. Мальцев А.А. Железнодорожный металлургический комплекс ММК-20 ЖБ / А.А. Мальцев // Инженерный вестник. – 2016. – №04. – 4с.
- [4]. ГОСТ 2787-75. Металлы черные вторичные. Общие технические условия. – Введение. 1975–12–26. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 51с.
- [5]. Горлова А.А., Родинков С.В. Мелкосортный прокатный стан 280 конструкции ВНИИМЕТМАШ / А.А. Горлова // Заготовительные производства в машиностроении. – 2009. – №6. – С. 31 – 34.

- [6]. Колесников А.Г., Яковлев Р.А., Мальцев А.А. Технологическое оборудование прокатного производства / А.Г. Колесников. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2014. – 158с.
- [7]. Красовский А.Б. Основы электропривода: учебное пособие / А.Б. Красовский. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2015. – 405с.
- [8]. Мальцев А. А., Тарасенко И. А. Исследование в среде MathCAD форм и частот крутильных колебаний электропривода клетки дуо-450 / А.А. Мальцев // Инженерный вестник. – 2017. – №08. – 14с.
- [9]. Листопадова Ю. И., Николаев В. Т., Сапожникова Л. Б. Моделирование люфта электропривода в программной среде NI Multisim при управлении скоростью движения / Ю. И. Листопадова // Электронные информационные системы. – 2015. – № 2 (5). – С.19–30.
- [10]. Анисифоров В.П., Мальцев А.И., Курганов В.Д., Зельдович Л.С., Гуреев В.А. Определение динамических нагрузок в автоматических станах трубопрокатных агрегатов / В.П. Анисифоров // Известия вузов. Черная металлургия. – 1975. – №11. – С.113–118.