

Г л а в а 11

Машины и оборудование для изготовления железобетонных конструкций

Железобетон является и остается на обозримое будущее основным строительным материалом, который составляет ~70% от общего объема строительных материалов. В настоящее время доля крупнопанельного домостроения составляет ~15% от общего объема строительства. В основном сооружаются кирпично-монолитные, кирпичные и монолитные здания. Но даже при возведении кирпичных зданий необходимы железобетонные сваи, фундаменты, перекрытия, лестничные марши, балконные плиты и другие железобетонные конструкции (ЖБК). Считается, что тенденция, направленная на увеличение объемов строительства из монолитного железобетона, экономически оправданна, т.к. имеется мнение, что стоимость монолитных сооружений в 1,4 раза ниже сборных. Это привело к закрытию многих заводов железобетонных изделий (ЖБИ), или превращению их в бетоносмесительные заводы. Полагают, что при строительстве зданий из монолитного бетона уменьшаются транспортные расходы, а современный уровень развития строительных машин и оборудования обеспечивает высокую степень комплексной механизации работ при возведении монолитных конструкций. Но более высокие темпы строительства достигаются при возведении зданий из сборного железобетона, которое эффективно при небольших расстояниях транспортировки сборных железобетонных изделий и конструкций и при удовлетворительном состоянии дорог. В последнее время ставится вопрос об увеличении выпуска сборного железобетона и возрождению заводов ЖБИ, что может ускорить решение жилищной проблемы.

11.1. Арматура ЖБК и арматурные работы в строительстве

Бетон, являющийся искусственным камнем, неудовлетворительно работает на растяжение и изгиб. Арматура ЖБК воспринимает растягивающие нагрузки и служит для повышения несущей способности и устойчивости ЖБК как общей, так и местной в ее элементах. Из-за близости коэффициентов линейного расширения бетона и стали, а также высокой прочности и относительно небольшой стоимости арматура выполняется стальной за очень редким исключением фибры некоторых видов.

Арматура и ее качество определяют такие критерии эффективности ЖБК как: 1) надежность (прочность, трещиностойкость, долговечность, огнестойкость, сейсмостойкость и др., которые зависят не только от технологии изготовления ЖБК); 2) технологичность изготовления сборной или возведения монолитной ЖБК (удобство сборки арматурных каркасов, заполняемость бетонной смесью полостей форм или опалубки, удобство монтажа сборных

зданий и сооружений, зависящее от конструкции и качества закладных монтажных элементов).

Арматура ЖБК – неотъемлемая составная часть ЖБК, а на стройплощадки или в формовочные цеха доставляются *арматурные изделия* (АИ), изготовленные в арматурных цехах или на арматурных заводах из *арматурной стали* (АС).

С целями повышения эффективности ЖБК, исключения трещинообразования, снижения расхода АС широко применяются предварительно напряженные конструкции (с предварительным или последующим натяжением арматуры). В растянутых зонах наиболее эффективно использовать напряженную арматуру, которая вызывает в бетоне напряжения сжатия, уменьшающиеся под воздействием веса ЖБК и нагрузки на нее, и исключает растяжение бетона. В сжатых зонах арматура служит для распределения основных и восприятия местных нагрузок, сохранение устойчивости, особенно в тонкостенных элементах. Наиболее рационально материал используется в тонкостенных пространственных конструкциях. Бетон, являющийся несущим в сжатых зонах и матрицей для арматуры, выполняет также функцию защиты ее от коррозии, что требует определенной толщины защитного слоя бетона и высокого качества уплотнения бетонной смеси.

Арматура в железобетонных конструкциях подразделяется на виды в зависимости от ее функций:

- 1) рабочая арматура воспринимает продольные, в основном, растягивающие нагрузки;
- 2) распределительная арматура воспринимает местные нагрузки и распределяет их по объему ЖБК, сохраняет устойчивость тонкостенных элементов ЖБК;
- 3) закладные части служат для соединения ЖБК в сборную конструкцию, или воспринимают монтажные нагрузки.

Развитие видов арматурных сталей определялось ростом объемов использования ЖБК в строительстве и стремлением снизить удельный расход стали на арматуру; оно шло по пути повышения прочности и выносливости арматурных сталей и улучшения сцепления их с бетоном. Уже в начале 50-х гг. XX в. начался выпуск стержней повышенной прочности с периодическим профилем (Ст 5, А-II); затем появились низколегированные стали (А-III и А-IV), проволока (В-I), высокопрочная проволока (В-II), а позже – проволока с периодическим профилем (Вр-I и Вр-II). Широко внедрялись термоупрочненные стали. В большинстве экономически развитых стран переходят от горячекатаных арматурных сталей с $\sigma_T = 390 \dots 420$ МПа к сталям, упрочненным термомеханически в потоке проката с σ_T не менее 500 МПа (Австрия, Германия, Нидерланды) и 550...600 МПа (США, Венгрия, Индия). В 80-е гг. в СССР начали применять стали кл. Ат-IVс, Ат-IVк с $\sigma_T \geq 590$ МПа и упрочненную вытяжкой А-IIIв с $\sigma_T \geq 540$ МПа.

В ГОСТ 13840-68 (Канаты стальные арматурные 1х7) и в ГОСТ 7348-81 (Проволока из углеродистой стали для армирования предварительно-

напряженных ЖБК) внесены требования низкотемпературного отпуска и стабилизации. Планировалось выполнение стабилизации арматурных канатов и проволоки Вр-II.

До недавнего времени для производства железобетонных изделий использовали и в настоящее время продолжают использовать арматурную сталь различных видов и назначения. Стержневую арматурную сталь изготавливают диаметром 6...40 мм классов А-I...А-V (ГОСТ 5781–82, рис. 11.1, *а, б, в*), а термомеханически упрочненную сталь – диаметром 10...40 мм классов Ат-IV...Ат-VII (ГОСТ 10884–94, рис.11.1, *б*). В зависимости от класса и диаметра стержней их изготавливают из углеродистой или низколегированной стали. Арматурная сталь класса А-I имеет круглую гладкую поверхность, а сталь остальных классов – поверхность периодического профиля. Сталь периодического профиля (по ГОСТ 5781–82) представляет собой стержни с двумя продольными ребрами и поперечными выступами, идущими по трехзаходной винтовой линии. Сталь класса А-II имеет выступы, идущие по винтовым линиям с одинаковым заходом по обеим сторонам стержня, а сталь классов А-III, А-IV и А-V и классов Ат-IV...Ат-VII – выступы, идущие по винтовым линиям, имеющим с одной стороны правый, а с другой – левый заходы.

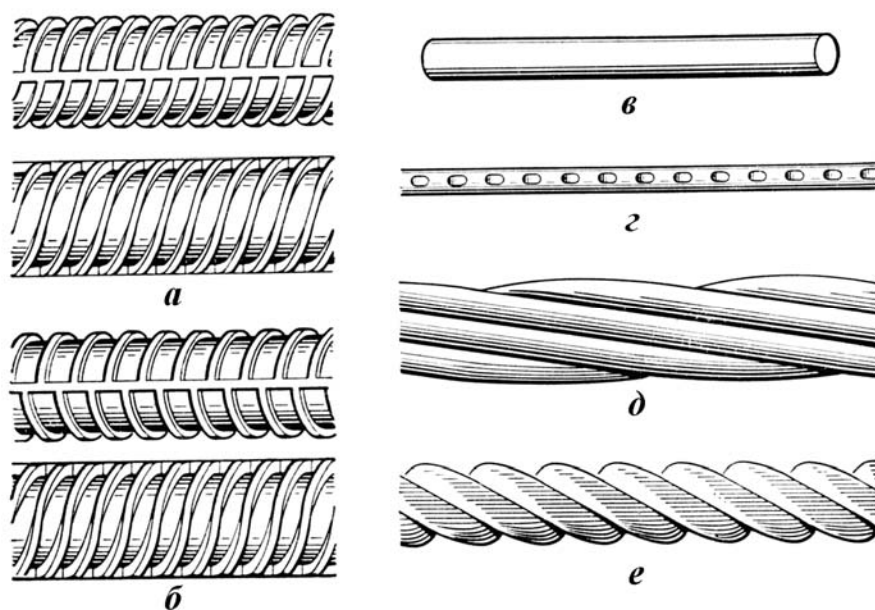


Рис.11.1. Виды арматурной стали:

а – стержневая арматурная сталь периодического профиля А-II; *б* – то же, классов А-III...А-V; *в* – круглая сталь классов А-I, В-I, В-II; *г* – проволока периодического профиля классов ВР-I, ВР-II; *д* – прядевая арматура; *е* – трехпрядевый канат

Стержни классов А-I и А-II диаметром до 12 мм (а иногда до 14 мм) и классов А-III диаметром до 10 мм включительно поставляются на заводы железобетонных изделий в мотках (бухтах) или прутками, а больших диаметров – в прутках. Немерные стержни в прутках поставляют длиной 6...12 м. По соглашению с потребителем изготавливают стержни длиной 5...25 м повышенной точности порезки по длине (мерные), но изготовители оставляли за собой возможность вместе с мерными стержнями поставлять короткие стержни длиной не менее 2 м не более 15% партии. Термомеханически и термически

упрочненную стержневую арматурную сталь поставляют длиной 5,3...13,5 м. Допускается изготовление прутков из этой стали длиной до 26 м. Термомеханическое упрочнение позволяет получить практически любую диаграмму стали на разрыв, увеличить пластичность, улучшить свариваемость и другие эксплуатационные и технологические показатели. Согласно ГОСТ 10884–94 стержни изготавливают из свариваемых сталей С и сталей с повышенной стойкостью к коррозионному растрескиванию под напряжением К. Все термически упрочненные стержни диаметром свыше 28 мм и класса Ат-VII всех диаметров изготавливают из сталей, марки которых согласовывают между изготовителем и потребителем. Свариваемость сталей обеспечивается технологией их изготовления и соблюдением требований к химическому составу.

Сталь классов А-I, А-II, А-III, А-IV, В-I, Вр-I применяют преимущественно для ненапрягаемой арматуры, а сталь остальных классов и канаты – напрягаемой.

Проволоку для армирования ненапряженных железобетонных изделий изготавливают из холодноотянутой низкоуглеродистой стали круглой (В-I) или периодического (Вр-I) профиля (ГОСТ 6727–80, рис. 11.1, в, г). Для предварительно напряженных железобетонных изделий применяют высокопрочную проволоку В-II и Вр-II (ГОСТ 7348–81, рис. 11.1, в, г). Проволока периодического профиля имеет на поверхности неглубокие вмятины. Проволоку классов В-I, Вр-I, В-II, Вр-II поставляют в мотках массой 20...100 и 500...1500 кг. Мотки проволоки классов В-II, Вр-II имеют внутренние диаметры 1200, 2000, 2500 мм и не требуют правки. Для предварительно напряженных железобетонных конструкций используют также пряди (рис. 11.1, д) и спиральные арматурные стальные канаты (ГОСТ 13840–68, рис. 11.1, е). После размотки канат должен быть прямолинейным.

Модуль упругости арматуры из сталей классов А-I, А-II, Ас-II равен $2,06 \cdot 10^5$ МПа, классов А-III, Ат-IIIс, А-IV, В-I, Вр-I, Вр-II – $1,96 \cdot 10^5$ МПа, классов Ат-IVс, А-V, Ат-V, А-VI, Ат-IV, Ат-VII – $1,86 \cdot 10^5$ МПа, стальных канатов К-7 и К-19 – $1,76 \cdot 10^5$ МПа.

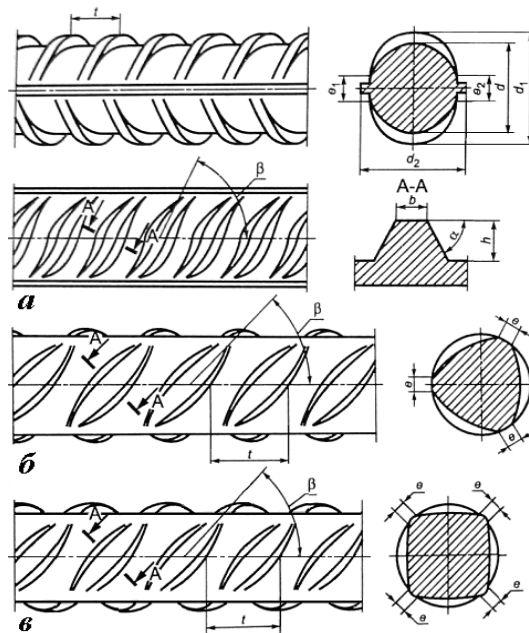


Рис.11.2. Периодические профили горячекатанного и термомеханически упрочненного арматурного проката (кл. А500С и В500С, ГОСТ Р 52544–2006):

а – двусторонний; *б* – тресторонний серповидный; *в* – четырехсторонний сегментный

В настоящее время в НИИЖБ разработан и внедряется ГОСТ Р 52544–2006 «Прокат арматурный свариваемый периодического профиля классов А500С и В500С для армирования железобетонных конструкций» (рис. 11.2). Арматурный прокат разделяется на классы по способу производства: А500С – горячекатаный или термомеханически упрочненный в потоке прокатки; В500С – механически упрочненный в холодном состоянии. В обозначении классов: 500 – предел текучести не менее 500 Н/мм², С – свариваемый. АС этих классов поставляется диаметром до 6 мм в мотках; 6...12 мм – в мотках или прутках; 14 мм и выше – прутками. Прутки мерной длины (МД), оговоренной с потребителем в заказе, и немерной длины (НД), определяемой изготовителем, поставляются в пределах от 6 до 12 м. В партии прутков НД допускается наличие прутков длиной от 3 до 6 м в количестве не более 7% массы партии. По мере увеличения выпуска стали по ГОСТ Р 52544–2006 и разработки новых государственных стандартов ранее применявшиеся классы арматурной стали будут заменены на новые.

Несущая способность и надежность ЖБК существенно зависит от свойств арматурной стали, которые оказывают серьезное влияние также на выбор технологий и технологического оборудования для арматурных работ. По трудозатратам арматурные работы составляют 20...40% от общих трудозатрат производства или возведения ЖБК. На арматуру ЖБК расходуется более 10% стали, выплавленной в стране.

Повышение механических свойств АС позволяет снизить удельный расход стали на арматуру, повысить надежность ЖБК, но это затрудняет обработку арматурных стержней и изготовление арматурных изделий. Основные рабочие процессы изготовления арматурных изделий – деформирование арматурных стержней в холодном (резка, гибка, правка) или горячем (контактная сварка) состояниях. Прочность АС некоторых видов приблизилась к прочности инструмента (ножи станков для резки АС, фильеры

или плашки в правильных барабанах, выполненные из инструментальной стали). Вызывает затруднение правка стержней с периодическим профилем и сварка термоупрочненных стержней. Развитие видов арматурных сталей опередило развитие технологий, а также машин и оборудования для арматурных работ. Основные рабочие процессы арматурных работ (АР) механизированы и даже автоматизированы, но, несмотря на это, велика доля ручного труда, в основном на вспомогательных операциях.

Арматурные сетки – плоские конструкции из взаимно перпендикулярных арматурных стержней классов А-I, А-II, А-III, В-I или Вр-I, сваренных контактной точечной сваркой. Сетки изготавливаются на многоэлектродных сварочных машинах, что требует унификации параметров сеток – одинаковые расстояния (шаги) между продольными и поперечными стержнями, одинаковые диаметры поперечных и продольных стержней. Поэтому при разработке проекта арматурного цеха следует согласовать с разработчиками сеток возможность такой унификации.

При разработке электросварочных машин руководствуются предельно возможными параметрами сеток, которые определены на основе данных исследований и эксплуатации. Сварные соединения арматурных стержней в сетках и с закладными изделиями необходимо выполнять в соответствии с ГОСТ 14098–91.

При сварке пересечений стержней должно быть выдержано максимально возможное сочетание диаметров:

Диаметры стержней одного направления, мм..	3 – 12	14, 16	18 – 30	22	25 – 32	36 – 40
Наименьшие допустимые диаметры стержней						
другого направления, мм.....	3	4	5	6	8	10.

В сетках с нормируемой прочностью крестообразных соединений стержней сварка всех мест пересечений арматуры обязательна. Возможность отступления от этого правила должна оговариваться специально.

Легкие товарные арматурные сетки со стержнями диаметром до 12 мм для монолитных железобетонных конструкций изготавливают в соответствии с ГОСТ 8478–81. При необходимости на объекте их подрезают до нужного размера или в них делают вырезы. Тяжелые арматурные сетки со стержнями диаметром до 40 мм следует изготавливать в соответствии с ГОСТ 23279–85, но в некоторых случаях могут быть и исключения.

Размеры сеток и расстояния между осями крайних стержней по длине арматурных изделий для плит, панелей и настилов независимо от длины изделий в соответствии с ГОСТ 10922–90 могут колебаться в пределах от +5 до –10 мм (не более). Номинальные расстояния между стержнями, равные 50 мм, должны иметь отклонения не более ± 2 мм, 50...100 мм ± 5 мм, свыше 100 мм ± 10 мм. Исходя из возможностей серийных и разрабатываемых новых многоэлектродных сварочных машин и соображений по унификации сеток, можно рекомендовать следующее.

Диаметры D продольных стержней для легких сеток принимают 3...12 мм, для тяжелых 14...32 мм. Следует учитывать, что при диаметре 3 мм часты пережоги стержней, вследствие чего лучше принимать больший диаметр.

Для стержней в сетке рекомендуется принимать один диаметр или диаметры, различающиеся не более чем в 2 раза. Диаметры стержней каждой пары, считая от края сетки, должны быть одинаковыми.

Диаметры d поперечных стержней для легких сеток принимают равными 3...10 мм, для тяжелых 8...14 мм. Стержни должны быть одного диаметра.

Шаги продольных стержней легких сеток зависят от типа сварочных машин. Для широко распространенных машин АТМС и МТМС рекомендуются шаги, кратные 100 мм, для машины МТМ-88 – шаги, кратные 50 мм, но не меньше 100 мм. Для тяжелых сеток рекомендуются шаги, равные 100 и 200 мм.

Шаги поперечных стержней могут быть любыми в интервале 100...300 мм, а при использовании машины МТМ-88 – 50...400 мм. При применении машины АТМС в сетке возможен второй шаг 60...220 мм. В машине МТМ-88 второй шаг может быть 50...400 мм, а третий (постоянный) – 50 мм.

При изготовлении сеток с продольным или поперечным разрезанием на автоматической сварочной линии минимальную длину свободных концов поперечных и продольных стержней (в зоне разреза) от соответствующих крайних стержней рекомендуется принимать равной 25 мм.

Длина сетки зависит от оборудования линии для изготовления сеток. Наибольшая длина легких сеток, как правило, не превышает 7,2 м. Ширина сетки зависит от технических возможностей сварочной машины. Наибольшая возможная ширина легких сеток на изготавливаемых и серийных машинах составляет 3,8 м, тяжелых – 3,05 м. Расстояние между осями крайних стержней, соответственно, 3,75 и 3 м. Сетки с параметрами, отличающимися от рекомендуемых, можно сваривать с помощью подвесных машин с клещами, а узкие сетки также и на одноточечных машинах, что более трудоемко по сравнению со сваркой на многоточечных машинах.

Сетки, плоские и пространственные каркасы применяют для армирования плоскостных железобетонных панелей, длинномерных линейных (колонн, ригелей, балок) и цилиндрических (труб, свай, опор линий электропередачи) изделий. Пространственные сварные арматурные каркасы являются рабочей арматурой в монолитных ЖБК, а также в несущих сборных ЖБК без предварительного напряжения, например в стеновых панелях.

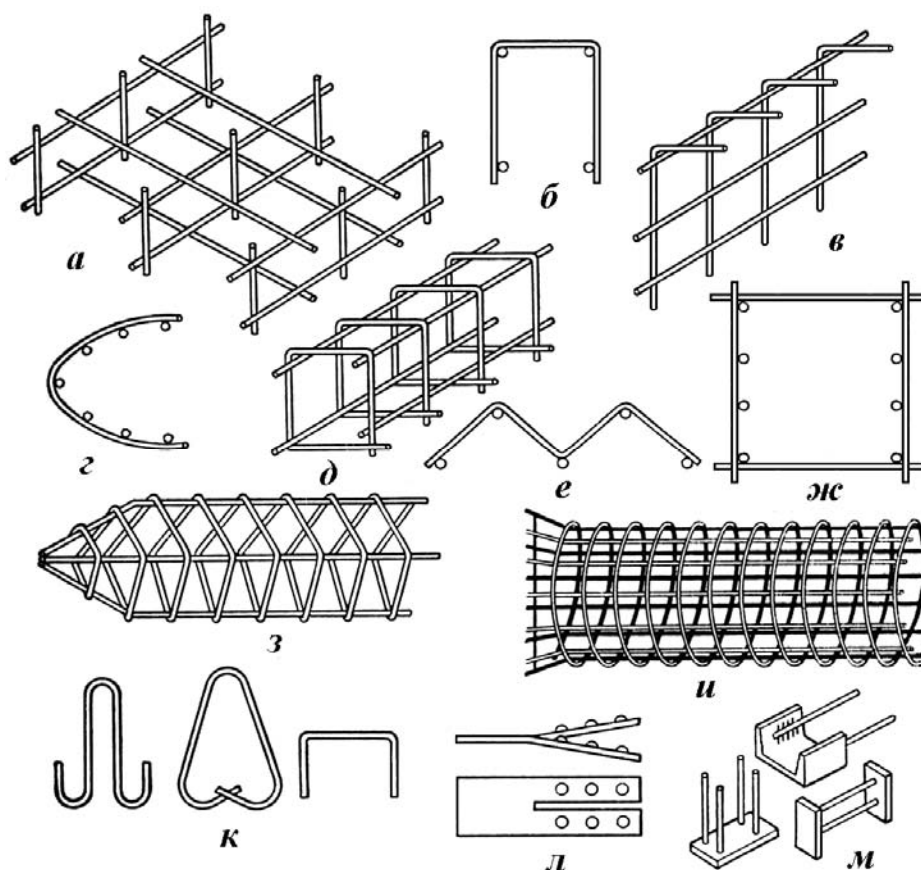


Рис. 11.3. Пространственные арматурные каркасы и закладные детали:

а – каркас из сеток и стержней для плоскостного железобетонного изделия; *б...г, е* – каркасы из изогнутой сетки; *д* – каркас с изогнутыми хомутами; *ж* – каркас с поперечными и продольными сваренными прутками или из двух сеток и поперечных прутков; *з* – каркас с навитой поперечной арматурой для свай; *и* – каркас железобетонной трубы; *к* – строповочные и монтажные петли; *л, м* – штампованная и сварные закладные детали

Каркасы могут быть выполнены из гнутых сеток, нескольких плоских сеток или цилиндрической формы (рис. 11.3, *а...и*). При изготовлении каркасов из отдельных сеток сетки соединяют методом контактной сварки или с помощью вязки. Сварные каркасы железобетонных труб изготовляют на специализированных машинах контактной сваркой пересечений подаваемых продольных стержней с навиваемой на них по спирали поперечной арматурой. Каркасы изделий с продольными напрягаемыми стержнями изготовляют так же, но без сварки арматурных пересечений. На чертежах приводятся требования к пространственным арматурным конструкциям: точности размеров каркасов, прочности сварных соединений, возможности использования вязки в труднодоступных местах и замены используемых марок арматурных сталей.

В зависимости от вида АС и способа создания предварительного напряжения выбирается вид концевого анкера. Пакеты высокопрочной проволоки применяются для напряженного армирования на длинных стендах, например при изготовлении железобетонных шпал. В большинстве случаев концевые анкеры после твердения бетона удаляются. В крупногабаритных конструкциях, таких, как фермы перекрытий, пролетные строения мостов и др., часто применяется последующее натяжение арматуры. При таком армировании концевые анкеры сохраняются и выполняют свою функцию при работе ЖБК, хотя инъектирование каналов бетонным раствором также обеспечивает

дополнительную анкеровку прядей или канатов по всей длине и защищает арматуру от коррозии. Для усиления торцевых зон преднапряженных ЖБК устанавливают спирали, обеспечивающие более равномерное распределение поперечных нагрузок и воспринимающие ударную нагрузку в момент удаления анкера и передачи напряжения на бетон.

Для соединения железобетонных изделий при монтаже зданий служат закладные детали: сварные, штампованные и штампосварные (рис. 11.3, л, м). К закладным деталям относятся и петли, изготавливаемые из стержневой арматуры (рис. 11.3, к). Петли могут служить для строповки железобетонных изделий при транспортировании и соединения изделий друг с другом.

Последние десятилетия активно ведутся исследования по созданию и применению *фибробетона*. Ставится вопрос о замене рабочей арматуры фиброй. Фибра дает существенный эффект как распределительная арматура в зонах повышенных нагрузок на сжатие и скол, а также в зонах ударных нагрузок (например в головах свай), но не обеспечивает достаточного сопротивления изгибу и растяжению и пока не может заменить арматурные стержни, воспринимающие растягивающую нагрузку, тем более напряженные. В качестве фибры, в основном, применяется стальная проволока ($\varnothing 0,3 \dots 0,8$ мм, $l/d = 80 \dots 100$) гладкая или волнистая.

Арматурные работы в строительстве. Технологии работ в условиях стройплощадок предъявляют требования, отличающиеся от требований заводских технологий, в т.ч. и в производстве арматуры монолитных ЖБК. Арматура применяется как в виде различных конструктивных элементов, так и отдельных стержней россыпью, которые монтируются на объекте. Элементы арматурных каркасов поставляют в виде полуфабрикатов – заготовок, изготавливаемых метизными заводами или в арматурных цехах заводов ЖБИ. Наиболее эффективной организацией арматурных работ является централизация изготовления типовых элементов сварных арматурных каркасов и сеток на специализированных заводах с одновременной децентрализацией сборки арматурных каркасов и завершающих операций, для которых необходимы мобильные (малой массы), но с достаточной мощностью машины для использования их в условиях стройплощадок.

Дальнейшая обработка полуфабрикатов и окончательное изготовление и сборка арматурных каркасов требует выполнения арматурных работ аналогичных тем, что имеют место на заводах ЖБИ. В основном это деформационные процессы, контактная сварка и монтажные операции, требующие применения специальных кондукторов и монтажных приспособлений. Для стыковки элементов арматуры наряду со сваркой все шире внедряются бессварочные крестовые соединения, обеспечивающие заданную величину защитного слоя бетона.

Вид арматурных работ и подбор механического оборудования для их выполнения определяется видами арматурных сталей, заложенных в проекты арматурных изделий железобетонных конструкций, а также видом поставки арматурной стали. На рис.11.4. представлена схема, обобщающая практически все виды арматурных работ, выполняемые на строительных площадках, на арматурных заводах, в арматурных цехах заводов ЖБИ и ДСК.

Практически все технологические процессы включают операции, связанные с деформацией стержней в холодном или горячем состояниях, и требуют приложения значительных сил. Поэтому они все механизированы и частично автоматизированы. К холодным деформационным процессам относятся правка, резка, гибка, холодная высадка анкерных головок или опрессовка анкеров. При размотке напряжение также превышает предел текучести. К горячим деформационным процессам относятся контактная (стыковая и точечная) сварка, горячая высадка анкерных головок, резка трением. Натяжение стержней (в пределах упругой деформации) выполняется также или в холодном состоянии с помощью гидродомкратов, или посредством электротермонагрева (ЭТН).

Арматурная сталь кл. В-I, Вр-I, А-I...III, поставляемая в мотках, обрабатывается на правильно-отрезных или механизмами правки в непрерывных линиях сварки сеток и каркасов. Эта сталь подвергается размотке, правке, отмериванию и резке. В непрерывных линиях сварки сеток и каркасов возможна разрезка готового изделия. Для выполнения этих процессов осуществляется подача стержня, а в непрерывных линиях также и подача изделия. Затем выполняется сварка стержней, заготовленных на правильно-отрезных станках, а в непрерывных линиях сварка или гибка предшествуют резке. Пряди, канаты и сталь кл. В-II и Вр-II не требуют правки и не свариваются, т.е. не подвергаются пластическим деформациям.

Из арматурной стали, поставляемой мерными стержнями (рис.11.4. (1)), в зависимости от их назначения (класса АС и ее марки) изготавливаются плоские или пространственные каркасы, выполняется гибка стержней, создаются анкеры на напрягаемых стержнях. Немерные стержни могут упрочняться вытяжкой (рис.11.4.(4)). В связи с выпуском сталей повышенной прочности, в т.ч. термоупрочненных, этот способ упрочнения в арматурном производстве применяется редко. Отмеривание и резка (2) приводит к значительным отходам, снижаемым в случае, если им предшествует стыковка стержней (3). Такая технология не гарантирует качества всех сварных стыков в связи с выборочным

контролем качества сварки. Технологическая схема (5) по сути является безотходной.

11.2. Машины для заготовки элементов арматуры и изготовления арматурных изделий

С целью снижения отходов в арматурном производстве довольно часто используют контактную стыковую сварку стержней с последующей резкой их на заданную длину, но массовое внедрение безотходной заготовки сдерживалось некоторым усложнением технологии и ограничениями количества стыков в арматуре ЖБК.

В НИИЖБ была разработана безотходная линия для сварки в плетть трёх стержней с дальнейшей их резкой, что позволяло снизить отходы, но не исключить их (внедрено в г. Рустави). В институте электросварки им. Е.О.Патона разработана линия К-777 для безотходной сварки и мерной резки стержневой арматуры железобетона. На участке подготовки стержней к сварке выполняется отрезка гнутых концов, подготовка торцов и зачистка боковой поверхности стержня. Механизм перекладки подает стержень на поток участка сварки, где применяется машина К-724 со встроенным в машину гратоснимателем и упором для установки стержня на позицию сварки и для стоп раскроя, но по-прежнему требуется контроль качества сварки, для чего из 100 стыков выборочно вырезают два. Это уже отходы. Если контрольные стыки не обеспечивают заданной прочности, то должны быть забракованы все сварные стыки. Если же некачественный стык (стыки) оказался среди 98 непроверенных, то это может привести к разрушению ЖБК и аварии с серьезными последствиями.

На кафедре СДМиО ЛИСИ (ТТМ СПбГАСУ) с участием Волкова С.А. была разработана безотходная автоматическая линия (рис.11.5.), которая может быть создана на базе серийного оборудования, дополненная несложным в изготовлении устройством подачи и упрочнения вытяжкой арматурного стержня на участках, перекрывающих друг друга (а.с. № 302378).

В связи с поставкой арматурных стале повышенной прочности из технологии изготовления арматурных изделий почти повсеместно было убрано упрочнение вытяжкой (осталось только в металлургической промышленности). Но упрочнение металла вытяжкой (на рассматриваемой линии) кроме того, что дает экономию металла за счет уменьшения диаметра арматурных стержней, исключает выборочный контроль сварных стыков, т.к. при вытяжке стержней за предел текучести (σ_T) контролируются все сварные стыки. В случае обрыва стержни свариваются заново. На такой линии возможно ввести устройство для срезки грата в горячем состоянии с последующим охлаждением сварного стыка со скоростью $\sim 150^\circ$ в секунду. Возможно охлаждение стыка в электродах сварочной машины со снятием грата при температуре самоотпуска. Данная линия может быть дополнена устройствами для горячей высадки анкеров.

Станки для резки арматурной стали. Арматурную сталь, поступающую в прутках, целесообразно резать после ее стыкования (наращивания по длине) на стыковых электросварочных машинах. Станки

изготавливаются с ручным, механическим и гидравлическим приводами подвижных ножей. Ручные станки предназначены для резки арматурной стали диаметром до 20 мм и применяются при небольших объемах работ, станки с механическим приводом – для стали диаметром до 40 мм и с гидравлическим приводом – до 80 мм.

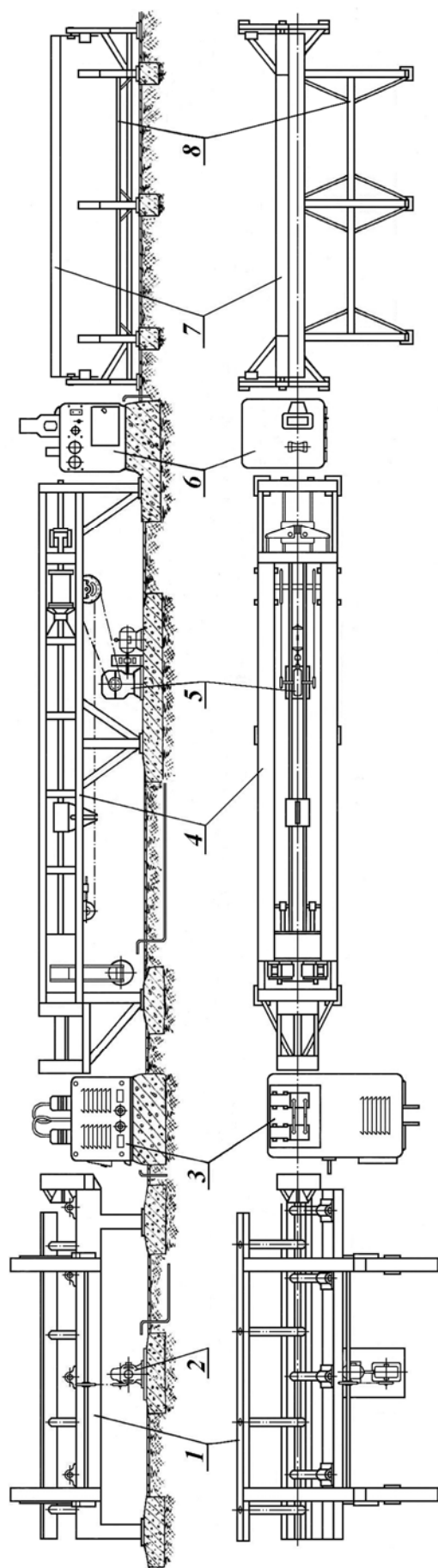


Рис. 11.5. Схема безотходной линии заготовки арматурных стержней, поставляемых прутками:
 1 - роуланг с бункером, 2 - привод механизма подачи стержней на сварку, 3 - автомат стыковой сварки арматурных стержней, 4 - агрегат упрочнения и протяжки сваренной шпеты, 5 - привод механизма протяжки, 6 - станок для резки арматурной стали, 7 приемный поток для отрезанных на заданную длину стержней, 8 - стеллаж для накопления заготовленных стержней (может быть снабжен автоматическим устройством для вязки пакетов стержней или заменен на роуланг для дальнейшей подачи готовых изделий)

ЗАО Коммерческий центр «Строительные машины» (СПб, 3-д строительных машин) выпускаются станки СМЖ-172А для резки стали кл. А-I

диаметром до 40 мм, кл.А-II – до 36 мм, кл. А-III – до 32 мм. Его прототипом был станок С-370, заменивший в начале 60-х гг. станок С-150.

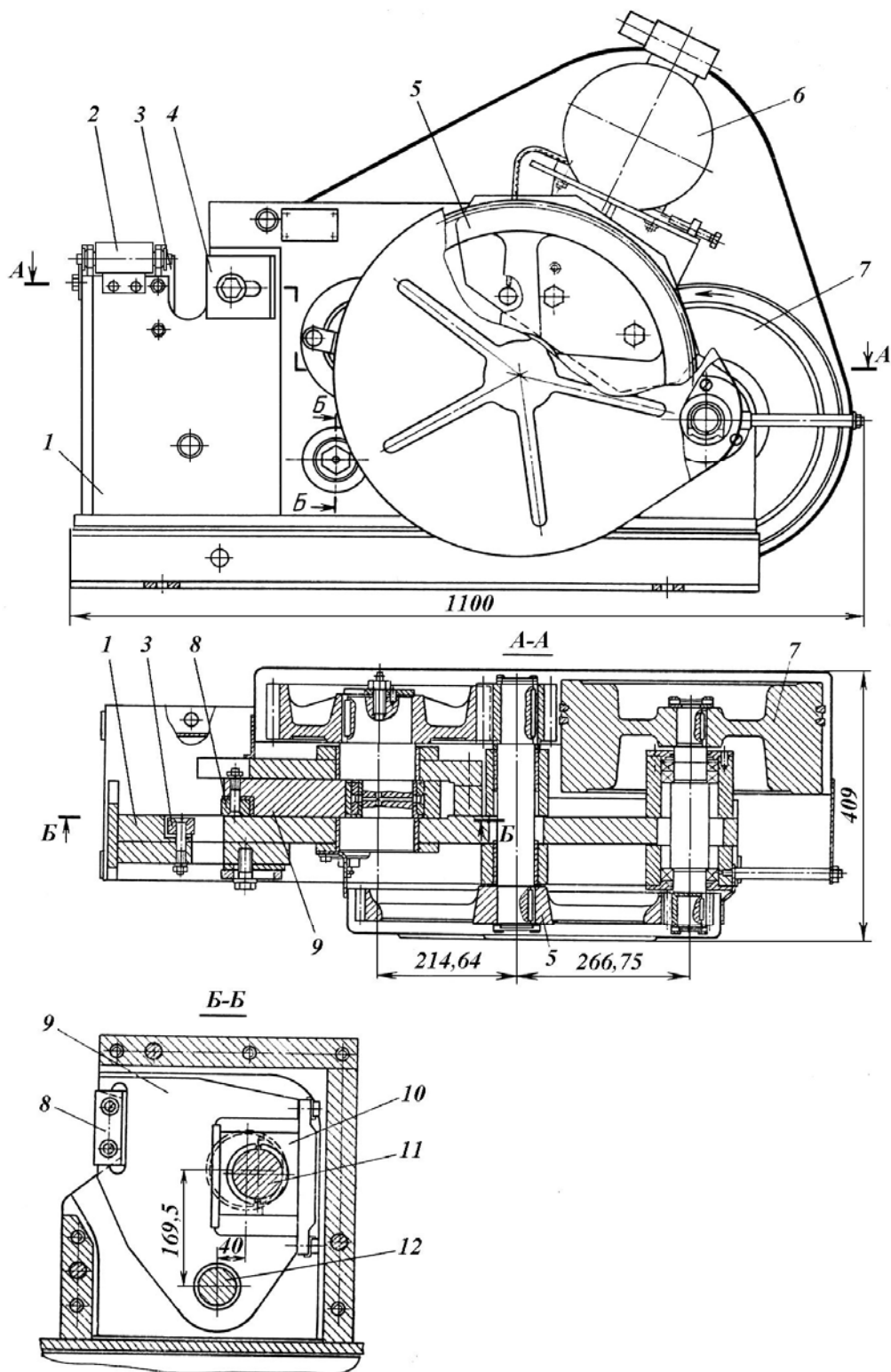


Рис. 11.6. Станок СМЖ-172Б для резки арматурных стержней

Станок СМЖ-172Б (рис. 11.6) приводится в работу от асинхронного электродвигателя 6 через клиноременную передачу, маховик 7, открытые зубчатые передачи 5 и кулису 9 с подвижным ножом 8. Неподвижный нож 3 закреплен на станине 1. Со стороны, противоположной подвижному ножу, на станине расположен регулируемый упор 4 для разрезаемого арматурного

стержня. Он состоит из двух рифленых планок, одна из которых неподвижно закреплена на станине, а вторая, прикрепляемая болтом, имеет прорезь и может переставляться относительно первой. Станок работает только с непрерывно повторяющимися резами арматуры. Качательные перемещения кулисы относительно оси 12 совершаются вращающимся эксцентриковым валом 11 и передаются через сухарь 10 с плоскими опорными поверхностями. За счет этого уменьшается давление на рабочих поверхностях и, соответственно, их износ. При перемещении к станку арматурный стержень опирается на ролик 2.

Этим же заводом выпускались станки для резки арматурной стали с гидроприводом. Ранее выпускались станки С-450 и С-450М для резки стержней диаметром – до 80 мм (кл. А-I). В настоящее время выпускается станок СМЖ-175А, на котором осуществляется резка стержней с σ_b 460 МПа до 80 мм, 590 МПа – до 70 мм, 880 МПа – до 60 мм. Затем длительный период выпускались станки СМ-3002 (СМЖ-133), на которых разрезались стержни марки 35ГС диаметром до 40 мм. После некоторой перекомпоновки основных узлов выпускается станок СМЖ-133А.

Станок СМЖ-133А (рис. 11.7, а) включает в себя сварную раму 1, электродвигатель 5, эксцентриковый поршневой насос 6 типа Н401Е с подачей 18 л/мин, развивающий давление до 31 МПа, механизм 3 реза в виде гидроцилиндра с подвижным ножом и держателя неподвижного ножа, гидроаппаратуру 7, гидробак 2 и электрооборудование. Станок управляется от педали или автоматически с помощью кулачков, соединенных со штоком гидроцилиндра и взаимодействующих с конечными выключателями 4.

Подвижный нож (рис. 11.7, б) закреплен на держателе 10, соединенном со штоком 5 горизонтально расположенного гидроцилиндра 4. При подаче под давлением масла в гидроцилиндр поршень 3 перемещает нож на рабочий ход, величина которого равна 50 мм. В исходное положение поршень возвращается при подаче масла в противоположную полость гидроцилиндра. Неподвижный нож закреплен на держателе-упоре 11, расположенном в корпусе 15. Для регулирования расстояния между ножами при наладке станка на резание арматуры требуемого диаметра держатель перемещают с помощью нажимной втулки 13, вращаемой штурвалом 14. Усилия реза действуют только на основание корпуса 15 и не передаются на раму станка. Поворот втулки 7 и держателей ножей предотвращается шпонками 8 и 12. Крышка 1, поршень и промежуточная стенка 16 уплотнены манжетами 2 и 6 и кольцом 17. Для удаления загрязнений со втулки 7 служит грязесъемник 9.

Гидросистема станка включает в себя гидрораспределитель Р2ОЗ, предохранительный клапан МКП-12-02, пластинчатый фильтр, гидроклапан давления Г54-23 и манометр. Станок может работать в режиме одиночных и непрерывных резов.

Непосредственно на строительных площадках часто применяют ручные ножницы (рис. 11.8).

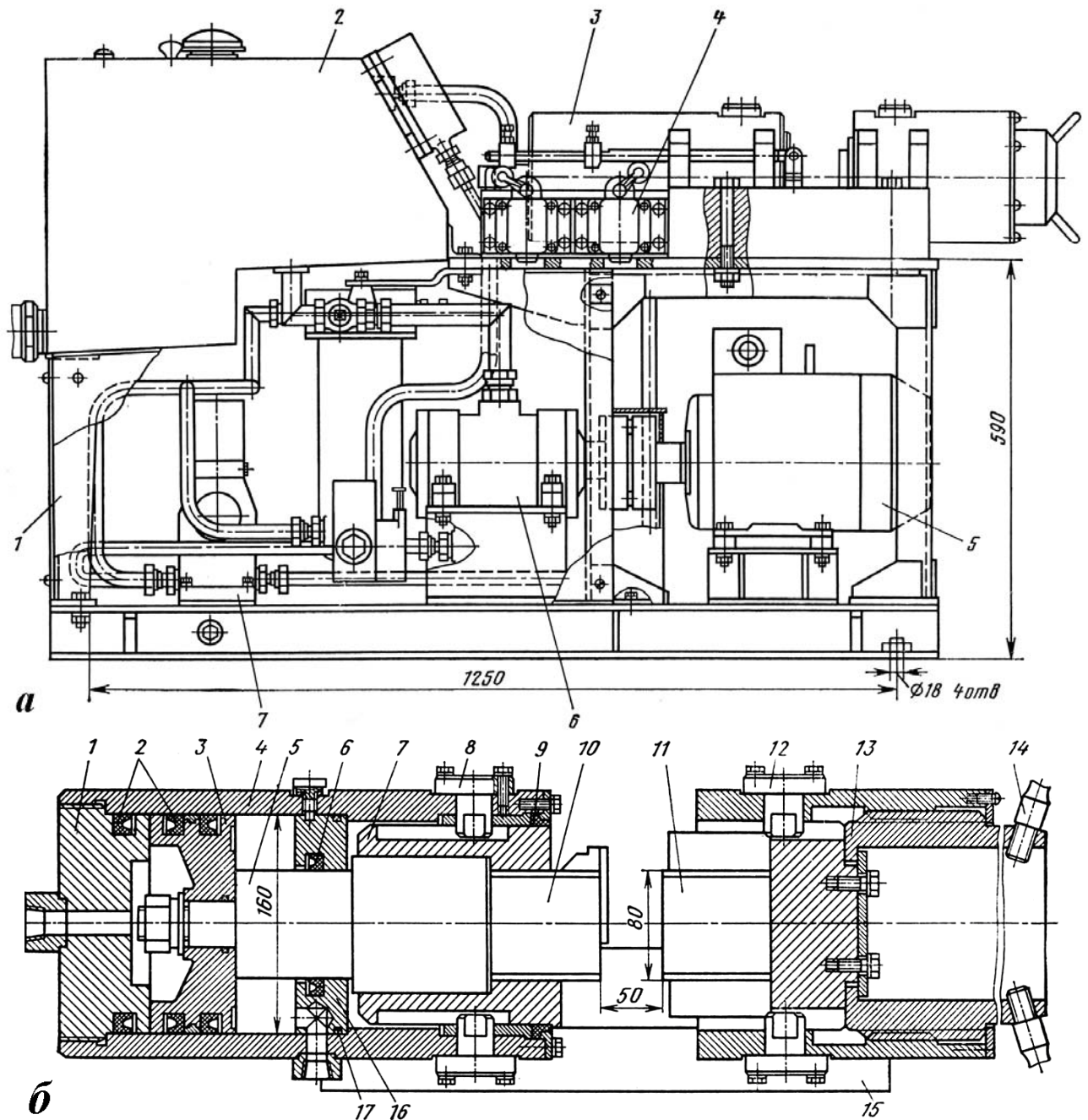


Рис. 11.7. Станок СМЖ-133А для резки арматурных стержней:

а – конструктивная схема; *б* – механизм реза

Станки для резки арматурных стержней могут быть дополнены виброприставками, которые позволяют снизить силу резки. Виброприставки были разработаны авторами учебника (а.с. 882709, Бюл., 1981, № 43; а.с. 1007861, Бюл., 1983, № 12; А.с. 1156870 Бюл., 1985, №19). Механизм влияния вибрационной импульсной нагрузки на свойства обрабатываемых стержней приведен в статьях: Волков С.А. Влияние динамических нагрузок на прочность и реологическое поведение твердых тел (о механизмах самоорганизации структур дефектов кристаллической решетки в зонах деформаций) // Синергетика и методы науки. – СПб.: Наука, 1998. – С.131-155; Волков С.А. Физическое обоснование процессов вибрационных воздействий на металл и усталостных явлений. www.interlibrary.narod.ru, Gen.Cat.Scient.Dep. Physics. 17.05.04. – 1,955 п.л.

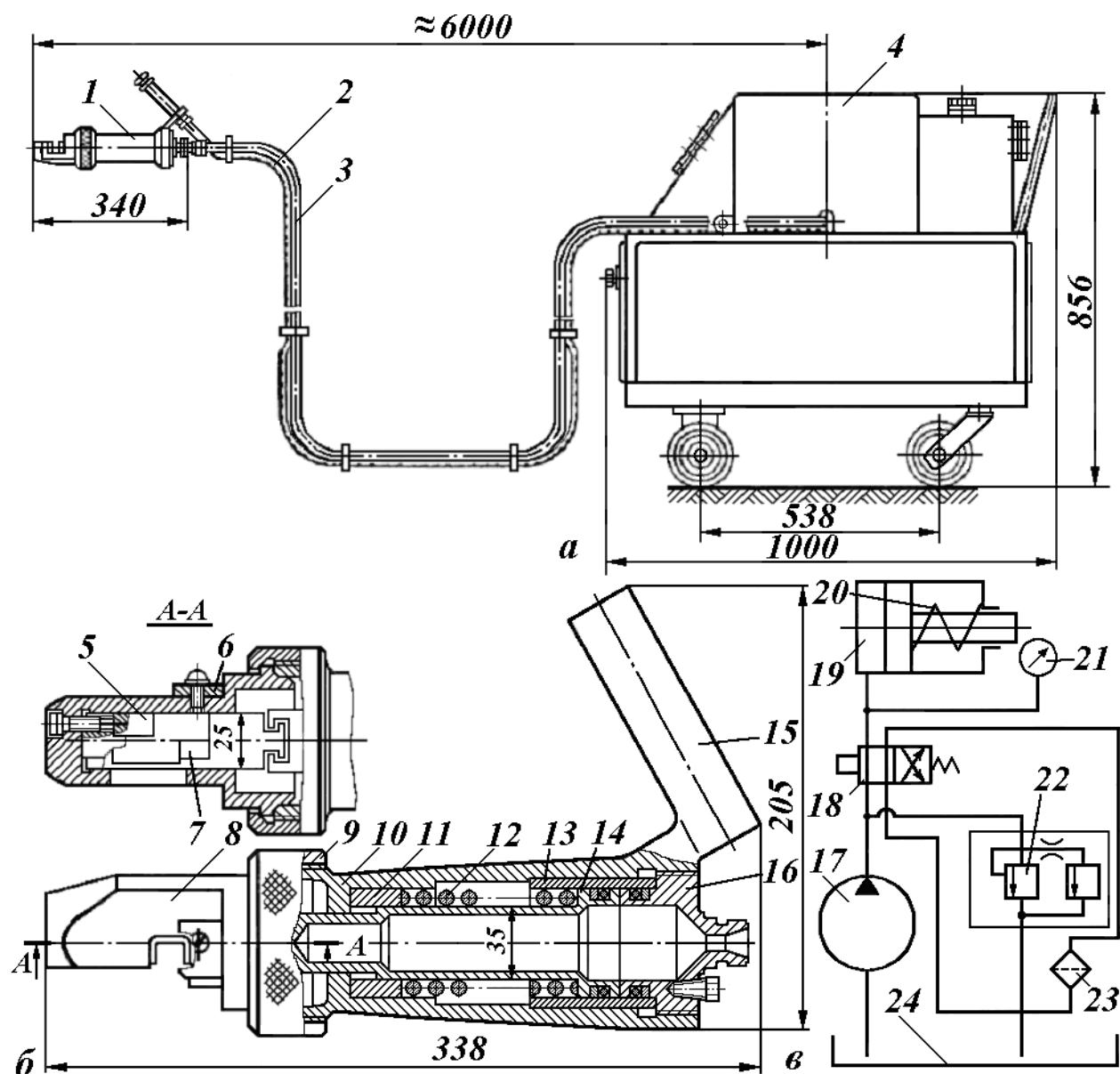


Рис. 11.8. Ножницы СМЖ-214А:

а – общий вид; *б* – режущая головка; *в* – гидросхема; 1 – режущая головка; 2 – электрокабель управления; 3 – рукав высокого давления; 4 – насосная установка; 5, 7 – неподвижный и подвижный ножи; 6 – опорная планка для стержня; 8 – ножевая головка; 9, 16 – передняя и задняя крышки; 10 – корпус; 11, 13 – втулки; 12 – пружина; 14 – поршень; 15 – рукоятка; 17 – эксцентриковый поршневой гидронасос; 18 – гидрораспределитель; 19 – гидроцилиндр; 20 – пружина; 21 – манометр; 22 – предохранительный клапан; 23 – сетчатый фильтр; 24 – гидробак

Правильно-отрезные станки. Арматурную сталь кл. В-I, Вр-I, А-I...III, А500С, В500С, поставляемую в мотках (бухтах), необходимо размотать, выправить и отрезать на заданную длину, что выполняется на правильно-отрезных станках-автоматах, которые используются в арматурных цехах заводов по производству сборных железобетонных конструкций и на специализированных заводах, изготавливающих арматурные изделия, а также на металлургических и машиностроительных предприятиях. Правильно-отрезные станки имеют механизмы правки, подачи, отмеривания и резки; они снабжены бухтодержателями и приемными устройствами. На станках

различных типов скорость подачи стержней находится в пределах 30...90 м/с, а частота вращения барабана – 1000...3000 об/мин.

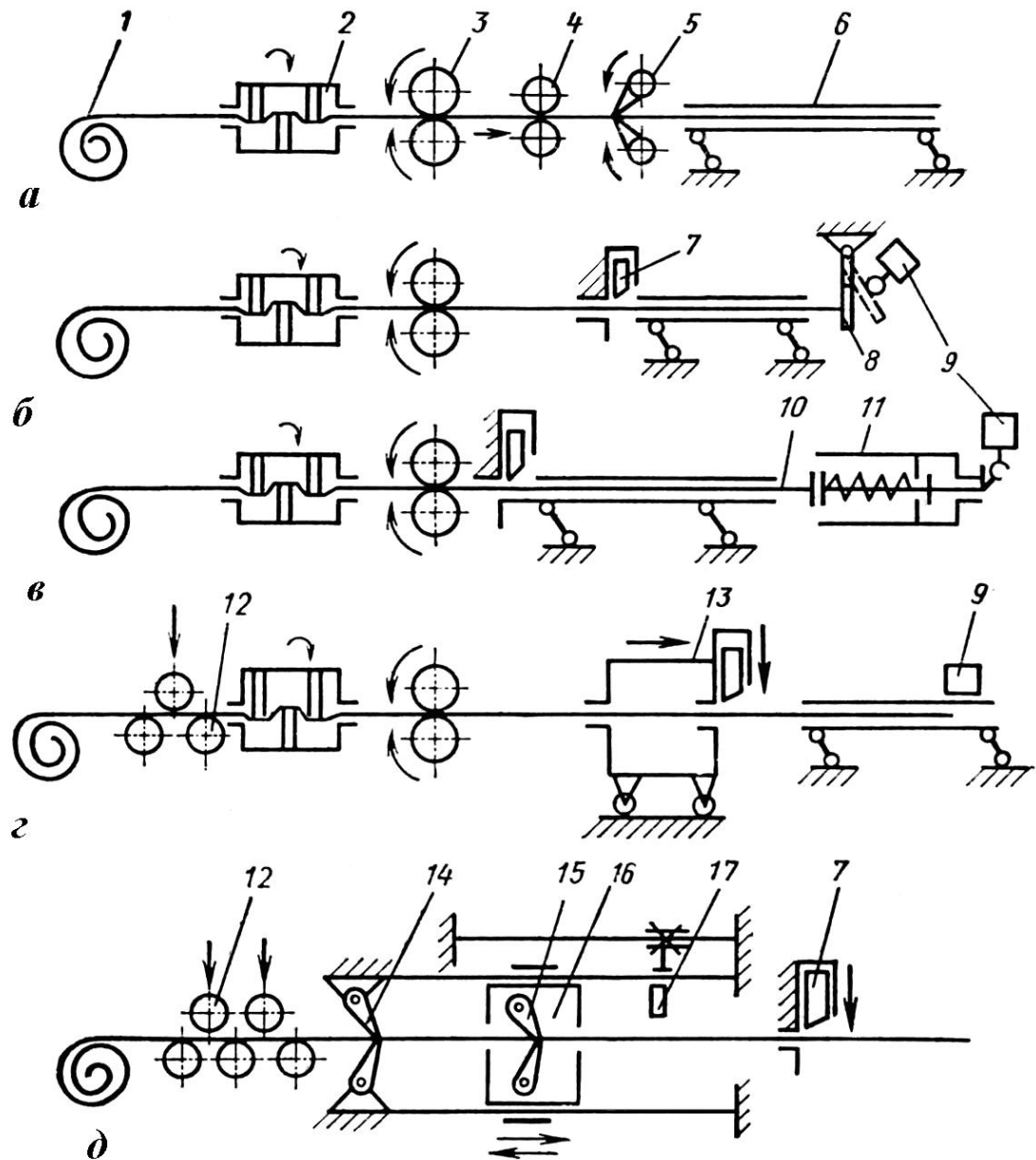


Рис. 11.9. Схемы правильно-отрезных станков:

а – с непрерывной подачей стержня и резанием вращающимися ножами; *б, в* – с подачей стержня до упора и резанием параллельными ножами; *г* – с непрерывной подачей и резанием летучими ножами; *д* – с циклической подачей стержня и резанием параллельными ножами

Основные виды механизмов различных правильно-отрезных станков представлены на рис. 11.9. Схемы охватывают современные и ранее выпускавшиеся станки отечественных и зарубежных моделей. Станки бывают как циклического, так и непрерывного действия. Первые имеют механизмы резания с параллельными ножами и операцию резания чередуют с операциями размотки и правки. Станки непрерывного действия снабжены механизмом резания с вращающимися ножами и режут арматурную сталь в процессе ее размотки и выпрямления, т.е. без остановки.

Работа происходит в следующей последовательности. Стержень разматывается из мотка *1* и протягивается через правильное устройство *2* или *12* посредством механизма протягивания *3* или *14-15*, отмеряется на заданную

длину мерительным роликом 4 или конечным выключателем 9 и отрезается параллельными (рычажными) ножами 7 или вращающимися ножами 5.

Роликовые правильные устройства 12 не обеспечивают качественной правки стержней круглого сечения и на современных отечественных правильно-отрезных станках не применяются, кроме некоторых зарубежных станков для предварительной правки. В качестве самостоятельных роликовые механизмы применяются в сочетании с машинами для сварки сеток и плоских каркасов в линиях гибки, а также как на зарубежных, так и на отечественных автоматах для резки коротких стержней. В таких машинах недостаточна качественная правка компенсируется периодической сваркой, дающей шарнир пластичности, или малой длиной заготавливаемого стержня, или пластической деформацией гибки.

Высокое качество правки благодаря объемному многократному пластическому изгибу достигается на барабанных механизмах правки 3, применяемых практически на всех правильно-отрезных станках. Но эти механизмы более энергоемки по сравнению с роликовыми. Совместить достоинства роликовых и барабанных механизмов удалось в вибрационных механизмах правки. На кафедре СДМиО ЛИСИ (ТТМ СПбГАСУ) под руководством С.А. Волкова разработаны конструкции вибрационных механизмов правки (а.с. №№ 230770, 296708, 365192, 468665, 539640, 732047, 829255, 1139534).

Счетчик 4 отмеривания длины отрезаемых стержней состоит из мерительного диска и прижимного ролика, между которыми проходит выпрямляемый стержень, и фрикционного вариатора, который настраивается на заданную длину отрезаемых стержней. Механизм резания имеет режущие головки 5 с укрепленными в них кожами, включаемыми по сигналу счетчика отмеривания длины посредством зубчатой муфты. Сочетание счетчика 3 с вращающимися ножами не дает точности отрезаемых стержней по длине.

Для обеспечения высокой точности отрезки все современные отечественные станки снабжены конечными выключателями 9 и рычажными ножами 7, но в эксплуатации имеется большой парк станков с вращающимися ножами 5, снабженными как мерительным роликом 6, так и конечными выключателями 7, которыми заменили мерительные ролики. На некоторых таких станках вращающиеся ножи заменены рычажными с пневмоприводом. Вернуться к отмериванию и резке без остановки возможно при использовании устройств по а.с. №№ 757269 и 1323257 (каф. СДМиО ЛИСИ, автор С.А.Волков), сочетание которых позволяет исключить влияние нестабильности процессов работы механизмов отмеривания и резки.

Правильно-отрезной станок с непрерывной подачей проволоки (рис. 11.10, а) предназначен для автоматической правки и резки арматурной стали диаметром 3...12 мм. На станке отрезается прутки заданной длины, при этом подвижный нож совершает 0,5 хода в секунду. Мощность электродвигателя 1,7 кВт. Он состоит из сборной литой станины 6, правильного устройства 5, тянущего 3, режущего 1, счетного 2 механизмов. К станине одним концом прикреплено устройство для приема отрезанных прутков арматурной стали, представляющее собой корытообразную сварную металлическую конструкцию,

стойками опирающуюся на фундамент. Пусковая и защитная электроаппаратура смонтирована в металлическом шкафу 4.

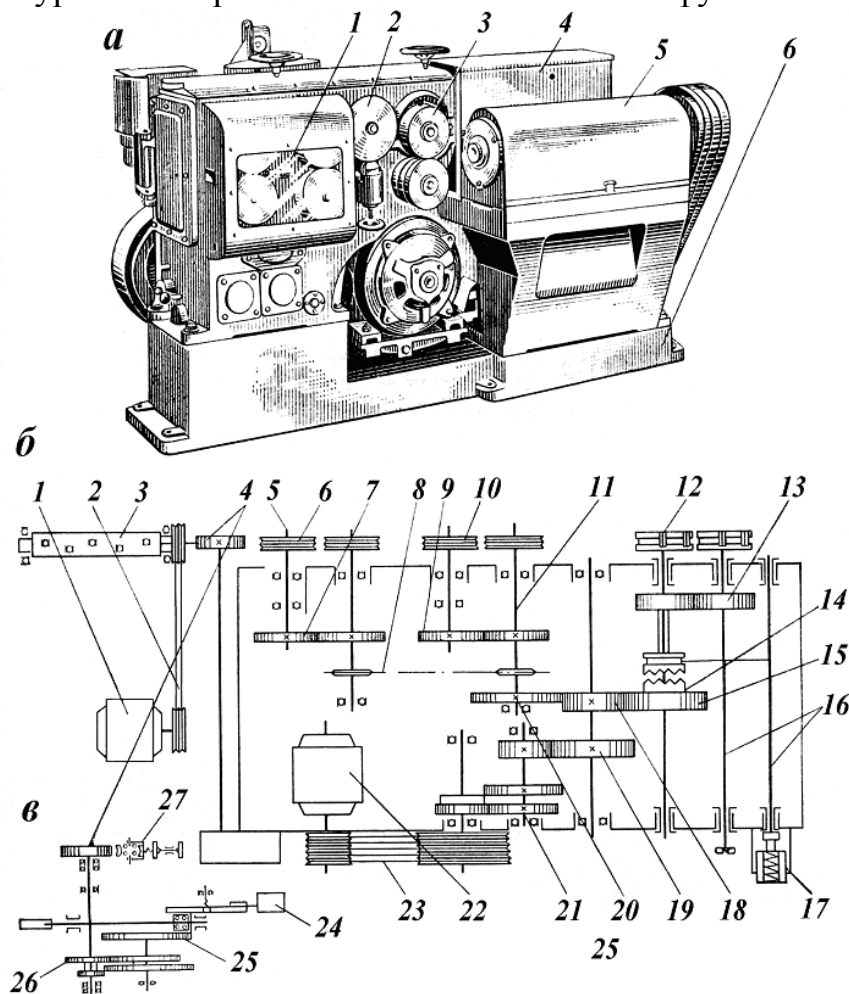


Рис. 11.10. Станок для одновременной правки и резки арматурной стали с непрерывной подачей: а – общий вид; б – кинематическая схема

Правильное устройство (рис. 11.10, б) имеет правильный барабан 3, электродвигатель 1 мощностью 7 кВт и клиноременную передачу 2. Правильный барабан представляет собой корпус с пятью стаканами с плашками. Вдоль оси корпуса имеется отверстие, через которое проходит арматурная сталь. Тянувший механизм состоит из двух пар дисков 6, 10, двух пар зубчатых передач 7, 9, цепной передачи 8, шестерни 20 и валов 5, 11. Режущий механизм состоит из двух дисковых ножей 12, зубчатой передачи 13, кулачковой муфты 14, шестерни 15, электромагнита 17 и валов 16. Вращение дискам 6, 10 и ножам 12 сообщается от электродвигателя 22 мощностью 4,5 кВт через клиноременную передачу 23, блок шестерен 21, зубчатую передачу 19 и шестерню 18.

Механизм для отмеривания заданной длины стержня (рис. 11.10, в) состоит из мерительного диска 4, опорного ролика 27, блока шестерен 26, вариатора 25 и конечного выключателя 24. При работе станка проволока с мотка, установленного на держателе, заправляется в правильный барабан и тянущие ролики. В процессе вращения барабана и одновременного протягивания арматуры через центральное отверстие корпуса происходит поочередный изгиб проволоки плашками в различных направлениях, что

обеспечивает ее правку и очистку от окалины. Разрезают арматуру на стержни заданной длины дисковые ножи 12. Скорость вращения дисковых ножей несколько превышает скорость вращения тянущих роликов, что предотвращает набегание арматурной стали на ножи.

Заданную длину стержня арматурной стали отмеряют следующим образом. Проволока, проходя между опорным роликом 27 и мерительным диском 4, вращает их. От мерительного диска вращение через блок шестерен и вариатор передается кулачку, укрепленному на ведомом диске вариатора. Когда кулачок займет вертикальное положение, замыкается конечный выключатель 24, который включает электромагнит 17. Электромагнит через систему тяг и рычагов включает кулачковую муфту; при этом поворачиваются дисковые ножи и отрезается прут, который укладывается в корыто приемного устройства. Прутки затем транспортируются к сварочным машинам для изготовления арматурного каркаса.

Изменение длины отрезаемых стержней регулируют соответствующей установкой блока шестерен 26 и вариатора 25. Пределы регулирования длины отрезанных стержней составляют 188...8000 мм. в случае потребности в стержнях большей длины мерительный диск отводится от протягиваемой арматуры, вследствие чего счетный механизм выключается, а отмеривание и резку стержня осуществляют вручную.

В арматурных цехах применяют отечественные станки нескольких типов И-6118, СМЖ-357, СМЖ-588, И-6022А, работающих с подачей арматуры до упора и резанием гильотинными ножами.

Наибольшее применение находит станок СМЖ-357 (рис. 11.11, а). Станок комплектуют размоточным устройством (бухтодержателем) 5, рассчитанным на установку мотков диаметром до 1500 мм и электрошкафом 3. Приемно-выдающее устройство 2 и лоток 1 могут набираться из секций длиной по 2 м. С размоточного устройства арматура подается в станок через ограждение 4, что обеспечивает безопасность работы.

Привод станка (рис. 11.11, б) осуществляется от двух электродвигателей. Двухскоростной электродвигатель 8 через клиноременную передачу вращает валы редуктора 7, на выходных концах которых закреплены тянущие арматуру ролики 12, кулачок 14, взаимодействующий с механизмом реза, и кулачок 13, воздействующий на рычажную систему 16 поворота вала с рейкой приемно-выдающего устройства 19.

При нажатии концом подаваемой роликами 12 арматуры на шомпол 18 срабатывает конечный выключатель отмеривающего механизма, дающий сигнал на включение электромагнита 6 механизма реза. За время срабатывания механизма реза шомпол доходит до жесткого упора отмеривающего механизма и останавливается вместе с арматурой.

Электромагнит 6 механизма реза выдергивает клин 23 тяги 22, которая, перемещаясь вместе с полумуфтой 21, включает ножевые валы. Полный цикл отрезки происходит за половину оборота ножевых валов, после чего они останавливаются в исходном положении механизмом фиксации. В момент реза кулачок 14, поворачиваясь, нажимает на рычаг 15 с ножом 20, который

перерезает арматурный стержень, проходящий через втулочный неподвижный нож 17. Кулачок 13 через рычажную систему 14 с некоторым запозданием поворачивает вал приемно-выдающего устройства. При этом рейка его сдвигается, открывая канал приемно-выдающего устройства 19, и отрезанный пруток выпадает. В момент фиксации ножевых валов механизм открывания канала приемно-выдающего устройства и шомпол возвращаются в исходное положение под действием пружин.

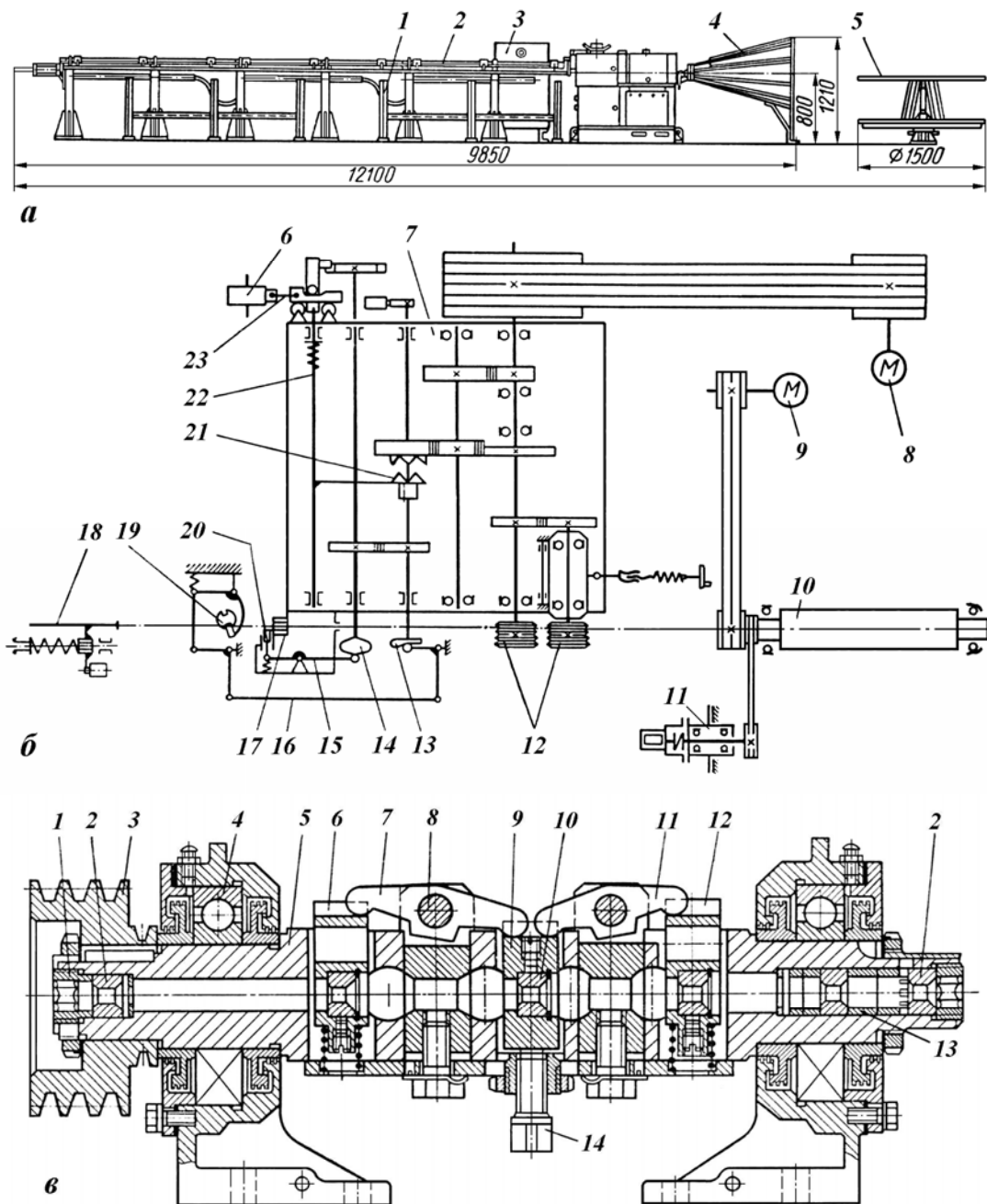


Рис. 11.11. Правильно-отрезной станок СМЖ-357:

а – общий вид станка; *б* – кинематическая схема; *в* – правильный барабан

Двухскоростной электродвигатель 9 через одну клиноременную передачу вращает правильный барабан 10, а другой соединен с механизмом, имеющим реле торможения 11 противотоком, обеспечивающим быструю остановку барабана при отключении электродвигателя 9 с пульта управления.

Каждый подающий ролик выполнен с двумя канавками для арматуры различных диаметров. По мере изнашивания канавки перешлифовывают для подачи арматуры большего диаметра, что увеличивает срок службы роликов. Верхний ролик поджимается к нижнему пружиной от штурвала, чем регулируется усилие зажатия арматуры.

В направляющей приемно-сбрасывающего устройства выполнены две канавки различной ширины для приема арматуры диаметром 4...6 мм и свыше 6 мм. Перестройка направляющей на требуемый канал осуществляется поворотом ее на 180° и фиксацией стопорными винтами. При настройке механизма реза меняют неподвижный втулочный нож: для арматуры диаметром 4...6 мм используют нож с внутренним отверстием диаметром 8 мм, а для арматуры диаметром свыше 6 мм – с отверстием диаметром 11,5 мм. Зазор между ножами должен быть в пределах от 0,05...0,15 мм для арматуры диаметром до 6 мм и 0,1...0,3 мм для арматуры диаметром свыше 6 мм.

Правильный барабан (рис. 11.11, в) представляет собой вал 5, вращающийся в подшипниках 4, с приводом через шкив 3. На концах барабана по оси установлены неподвижные фильеры 2, закрепленные втулками 13 и гайками 1. В средней части барабана в стаканах 6, 9 и 12 установлены регулируемые фильеры 10. Фильеры изготовлены из твердого сплава. Стаканы с фильерами при наладке барабана смещаются в радиальном направлении с помощью рычагов 7 и 11, валиков 8 и одного регулировочного винта 14. Величина смещения фильер зависит от диаметра и марки стали выправляемой арматуры. Так, для гладкой стали диаметром 4 мм прогиб рекомендуется равным 12 мм, для гладкой стали диаметром 6...7 мм, для стали периодического профиля класса А-III – 9 мм, А500С и В500С. Эти величины прогиба уточняются в зависимости от упругих свойств арматуры, состояния ее поверхности и скорости подачи.

Станки И-6118, СМЖ-357 и И-6022А составляют группу машин, обеспечивающих заготовку прутков всех необходимых диаметров.

Наиболее мощный станок И-6022А отличается повышенной жесткостью корпуса. Он имеет толкающие и тянущие ролики, расположенные соответственно перед правильным барабаном и после него. Это облегчает подачу арматуры, особенно большого диаметра, и позволяет меньше повреждать ее поверхность. Верхние ролики поджимают через пружины поворотными рычагами с эксцентриками. На станке И-6118 при необходимости можно заготавливать короткие прутки длиной от 100 мм, но при этом ограничивается ресурс работы электромагнита и конечного выключателя механизма реза. Станок СМЖ-588 разработан в двух исполнениях: для заготовки арматурных прутков диаметром 4...8 и 6...12 мм.

Все разработанные на кафедре СДМиО ЛИСИ (ТТМ СПбГАСУ) вибрационные механизмы правки за исключением устройств по а. с. № 296708 могут быть выполнены для одновременной правки нескольких стержней при любом их пространственном расположении (сетки, пространственные каркасы и т. п.). Использование таких механизмов правки, например в сочетании с АТМС, вместо набора многороликовых механизмов для правки продольных

стержней существенно ускоряет настройку механизма правки и этим повышает производительность.

Возможно создание станков, обеспечивающих одновременную правку нескольких стержней (нечетное количество), что позволяет более полно использовать установленную мощность и этим существенно повышает производительность. Наиболее эффективно нечетное количество нажимных элементов в каждой секции механизма правки. Например, стержень максимального диаметра обрабатывается один. По мере снижения диаметра можно выправлять 2, 3, 4, 5 стержней. Такие станки наиболее приемлемы для малых, даже мобильных предприятий, например для строительства коттеджей.

Объединение всех подвижных (четных) секций в единую виброрамку существенно упрощает конструкцию механизма правки (см. а. с. № 829255, рис. 1), и обеспечивает необходимую для качественной правки эпюру прогибов с минимальными энергозатратами, так как такая конструкция выполнена в результате расчета минимально необходимых прогибов выправляемого стержня на нажимных элементах.

Дальнейшее снижение энергозатрат достигается возможностью одновременной правки нескольких стержней, что позволяет более полно использовать мощность механизма подачи. Рамка может иметь пары любых вибровозбудителей: эксцентриковых, дебалансных, поводковых.

Расчет вибрационных механизмов правки по теории расчета барабанных механизмов невозможен, так как в этой теории учитываются только силы трения, имеющие значительную величину на плашках и фильерах, и малую величину – на роликовых нажимных элементах (рис. 11.12).

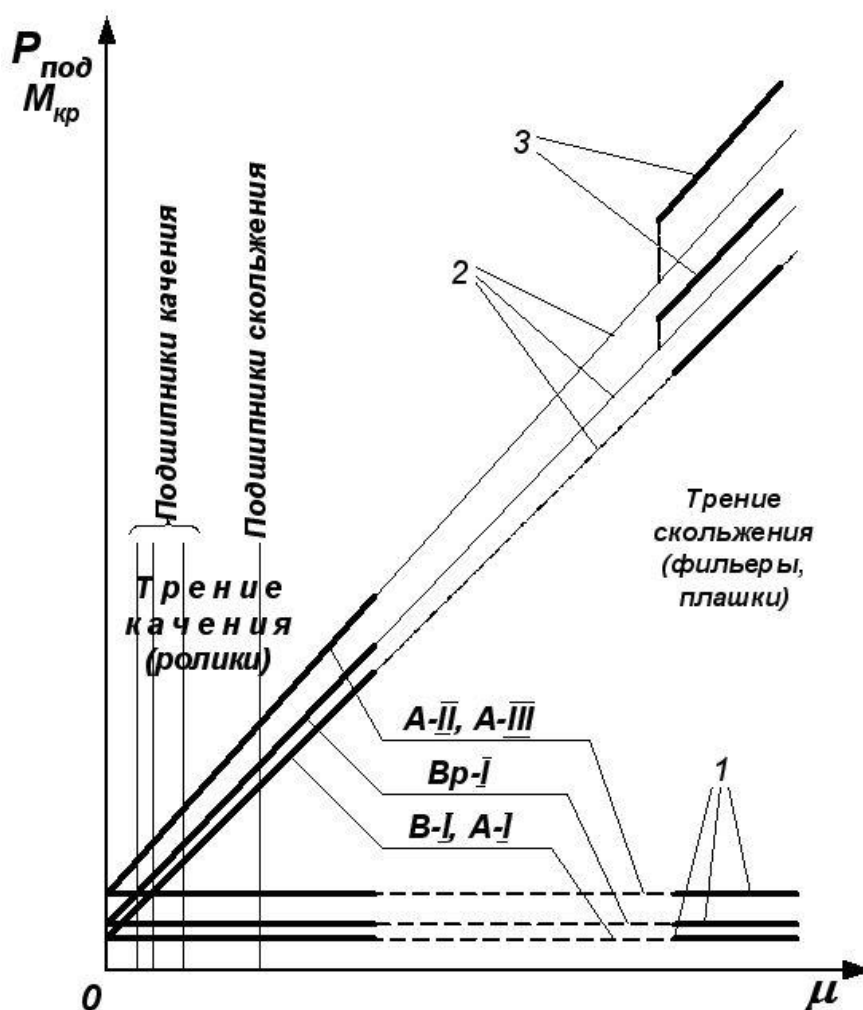


Рис. 11.12. График зависимости силы ($P_{\text{под}}$) подачи стержня и крутящего момента ($M_{\text{кр}}$) механизма правки от коэффициента трения (μ) и профиля арматурной стали:

1 – $P_{\text{под}}$ и $M_{\text{кр}}$ при $\mu = 0$; 2 – $P_{\text{под}}$ и $M_{\text{кр}}$ при $\mu \neq 0$ для стержней гладкого профиля; 3 – $P_{\text{под}}$ и $M_{\text{кр}}$ при $\mu \neq 0$ для стержней периодического профиля

Силы правки можно рассчитать по эпюре моментов, возникающих в процессе правки в выправляемых стержнях (рис. 11.13). Известно, что на всех нажимных элементах кроме крайних возникают изгибающие моменты, соответствующие пределу текучести независимо от величины прогиба, так как «шарниры пластичности» при увеличении прогиба не увеличивают силы правки, а только увеличивают работу на их изменение.

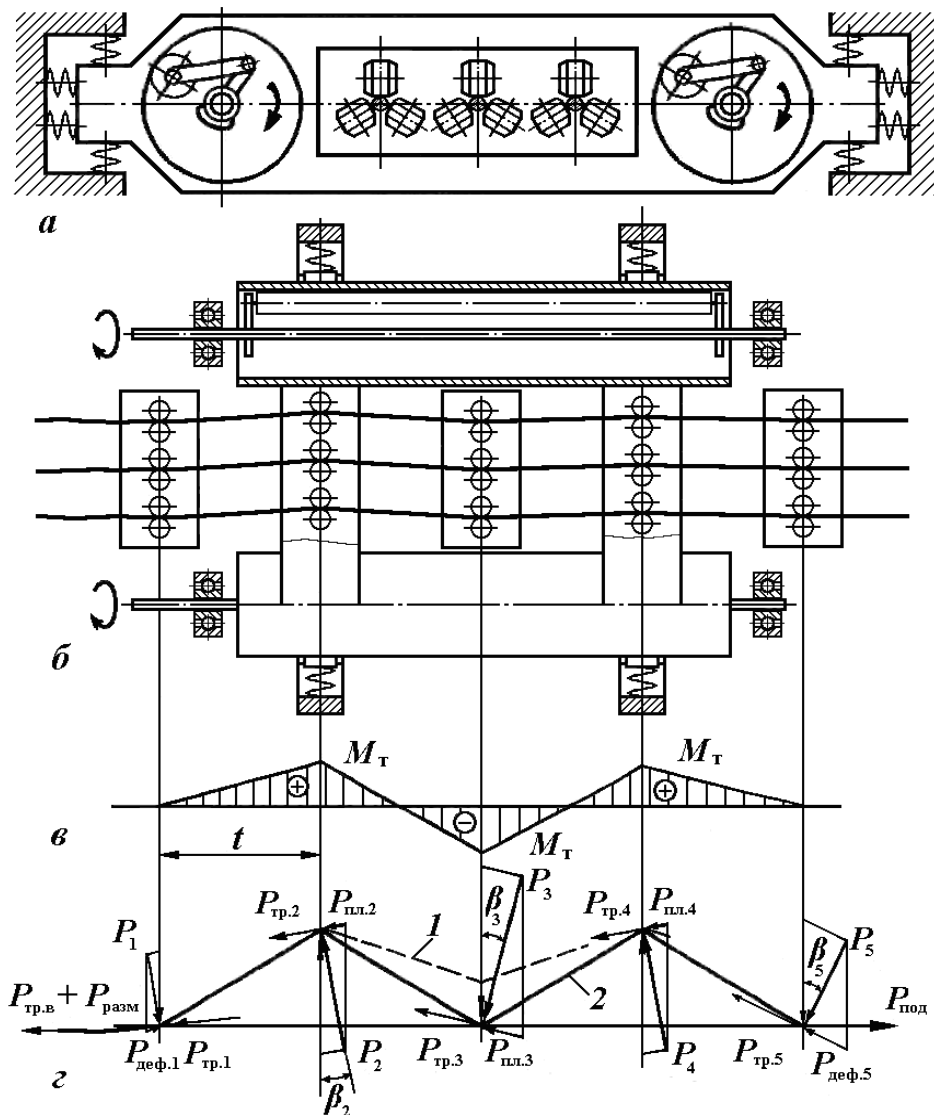


Рис. 11.13. Вибрационный механизм правки с подвижными секциями, объединенными общей рамкой: а – схема вибрационной секции; б – схема механизма правки; в – эпюры моментов в выправляемом стержне; г – эпюры прогибов стержня – расчетная (1) и конструктивная (2)

Силы правки для механизма с пятью нажимными элементами составляют:

$$P_1 = P_n \frac{M_T}{t} = \frac{1,7k \cdot 0,1d^3}{t} \sigma_T \quad (\text{из } M_T = P P_{1(n)} \cdot t);$$

$$P_2 = P_{n-1} = \frac{3M_T}{t} = \frac{1,7 \cdot k \cdot 0,3d^3 \sigma_T}{t} \quad (\text{из } M_3 = P_{1(n)} \cdot 2t - P_{2(n-1)} t = -M_T);$$

$$P_3 = \frac{4M_T}{t} = \frac{1,7k \cdot 0,4d^3 \sigma_T}{t} \quad (\text{из } M_4 = P_{1(n)} \cdot 3t - P_{2(n-2)} \cdot 2t + P_3 t = M_T);$$

$$\sum P_i = \frac{0,68d^3 k \sigma_T}{t} (n-2),$$

где n – число нажимных элементов.

Минимально необходимые прогибы, при которых стержень в зонах нажимных элементов будет находиться на границе упругости и пластичности (текучности), можно определить по формуле Мора, в которой достаточно учесть только

$$M_{\text{изг}} (f_i = \sum \int_0^l \frac{M_{P_i} \cdot M_{l_i} \cdot dl}{EI}).$$

Для механизмов с пятью нажимными элементами они составят:
 $f_1 = f_5 = 0; f_2 = f_4 = \frac{Mt^2}{3EI}; f_3 = \frac{Mt^2}{6EI}$, а для механизмов с семью и более нажимными элементами будут $f_1 = f_n = 0; f_2 = f_{n-1} = \frac{Mt^2}{2EI}; f_{i.\text{нечет}} = \frac{Mt^2}{6EI}; f_{i.\text{чет}} = \frac{Mt^2}{3EI}$.

Учтём то, что не только крайние волокна находятся в пластическом состоянии можно введением коэффициентов $l, 7$ и k , что несколько увеличит требуемые стрелки прогибов, но для уточнения необходим эксперимент. При пластическом изгибе металлического стержня круглого сечения принимается $W_{\text{пл}} = 1,7W_{\text{упр}} \approx 0,17d^3$. В сечении под силой P_i при данном соотношении $W_{\text{пл}}$ и $W_{\text{упр}}$ имеет место полный шарнир пластичности; по мере удаления от этого сечения зона пластичности уменьшается в сторону крайних волокон. Эмпирический коэффициент k учитывает неполноту «шарниров пластичности», а также влияние углов поворота на нажимных элементах ($k = 0,6 \dots 1$).

Расчетная эпюра 1, видоизмененная на эпюру 2 (рис.11.13, 2) позволяет при нечетном количестве нажимных элементов объединить четные секции в единую вибрирующую правильную рамку, а нечетные секции оставить неподвижными с $f = 0$ (рис.11.13, а.с. № 829255), что несколько увеличивает углы поворота сечений при изгибе в зонах нажимных элементов.

Усилие подачи стержня при прохождении его через механизм правки нарастает на каждом нажимном элементе. Перед первым нажимным элементом усилие подачи $P_{\text{под.0}}$ складывается из силы трения $P_{\text{тр.в}}$ определяемой моментом трения $M_{\text{тр}}$ опор вертушки, воспринимаемым стержнем на плече, равном радиусу мотка r_m , и силы размотки $P_{\text{разм}}$, вызываемой пластической деформацией изгиба ($M_{\text{т}} = \sigma_{\text{т}} \cdot 0,1d^3$). На каждом нажимном элементе добавляются сила трения $P_{\text{тр.}i}$ и сила перемещения зоны деформации по длине стержня $P_{\text{деф.}i}$ ($P_{\text{пл.}i}$):

$$P_{\text{под.0}} = P_{\text{тр.в}} + P_{\text{разм}} = \frac{M_{\text{тр.в}}}{r_m} + \frac{\sigma_{\text{т}} \cdot 0,17d^3 k}{r_m};$$

$$P_{\text{под.1}} = P_{\text{под.0}} + P_{\text{тр.1}} + P_{\text{деф.1}};$$

$$\dots \dots \dots$$

$$P_{\text{под.}i} = P_{\text{под.}i-1} + P_{\text{тр.}i} + P_{\text{пл.}i};$$

$$\dots \dots \dots$$

$$P_{\text{под.}n} = P_{\text{под.}n-1} + P_{\text{тр.}n} + P_{\text{деф.}n} = P_{\text{под.0}} + \sum_{i=1}^n P_{\text{тр.}i} + \sum_{i=1}^n P_{\text{деф.}i},$$

где в первом приближении без учета угла охвата стержнем нажимного элемента (из-за малой величины этого угла) можно принять, что $P_{\text{тр.}i} = P_i \cdot \mu$;

$\sum_{i=1}^n P_{\text{тр.}i} = \frac{\sigma_{\text{т}} \cdot 0,68d^3(n-2) \cdot \mu \cdot k}{t}$, а $P_{\text{деф.}i}$ определена на основании равенства работы A_i , затрачиваемой на перемещение по длине l стержня деформированной зоны, доведенной до полного «шарнира пластичности», с работой, идущей на деформацию растяжения стержня до предела текучести.

Такое допущение возможно из-за того, что сечение стержня симметрично относительно нейтральной оси, а диаграммы растяжения и сжатия для стали идентичны, в том числе и при изгибе (кососимметричная эпюра), поэтому можно принять, что при достижении полного шарнира пластичности работа на перемещение его по длине стержня, равна работе растяжения стержня на этой длине $A_{\text{раст}} = A_{\text{пер.деф}}$:

$$P_{\text{деф.}i} = \frac{A_i}{l} k = \left(\frac{A_{\text{упр.}i}}{l} + \frac{A_{\text{ост.}i}}{l} \right) k = \left(\frac{\sigma_{\text{т}} F \Delta l_{\text{упр}}}{2l} + \frac{\sigma_{\text{т}}^2 F \Delta l_{\text{ост}}}{l} \right) k = \left(\frac{\sigma_{\text{т}}^2 \pi \cdot d^2}{8E} + \frac{\sigma_{\text{т}} \pi \cdot d^2 \varepsilon_{\text{ост}}}{4} \right) k,$$

где; k и $\varepsilon_{\text{ост}}$ определяются экспериментально.

На барабанных механизмах правки $\varepsilon_{\text{ост}}$ растяжения мало, и им можно пренебречь, а на вибрационных механизмах с роликовыми нажимными элементами практически не поддается измерению, при изгибе $\varepsilon_{\text{ост}}$ практически отсутствует из-за многократной смены растяжения сжатием и наоборот,

поэтому можно принять $\sum_{i=1}^n P_{\text{деф}} = \frac{\sigma_{\text{т}}^2 \pi \cdot d^2 k (n-2)}{8E}$, где $(n-2)$ вводится

пропорционально силам P_i , вызывающим в зонах нажимных элементов деформации как упругие, так и пластические.

Приближенно, без учета углов охвата стержнем нажимных элементов усилие подачи стержня может быть определено следующим образом:

$$P_{\text{под}} = P_{\text{тр.в}} + P_{\text{разм}} + \sum P_{\text{три}} + \sum P_{\text{деф}i} = \frac{M_{\text{тр.в}}}{r_{\text{м}}} + \sigma_{\text{т}} d^2 k \left(\frac{0,17d}{r_{\text{м}}} + \frac{0,68d \cdot \mu (n-2)}{t} + \frac{\sigma_{\text{т}} \pi (n-2)}{8E} \right),$$

где d – диаметр стержня; $\sigma_{\text{т}}$ – предел текучести (максимальное значение для данной марки стали); E – модуль упругости обрабатываемой стали; $\varepsilon_{\text{ост}}$ – остаточное удлинение, возникающее за счет упрочнения крайних волокон и гистерезиса; $M_{\text{т}}$ – изгибающий момент, создающий шарнир пластичности; $r_{\text{м}}$ – радиус мотка; $M_{\text{тр.в}}$ – момент трения вертушки, учитывающий ее массу с мотком и вид опор вертушки; μ – коэффициент трения стержня о нажимные элементы (для барабанных механизмов, где возникает сухое трение скольжения в движении, необходимо учесть, что имеет место резание, оставляющее на поверхности стержня глубокие царапины по винтовой линии и вносящее неопределенность в значение μ); n – число нажимных элементов; t – шаг нажимных элементов; k – коэффициент неполноты шарниров пластичности.

На каждом нажимном элементе трения скольжения крутящий момент ($M_{i,\text{пл}}$), идущий на вращение шарнира пластичности, определяется по формуле

(рис.11.14, а, б): $M_{i,\text{пл}} = \frac{P_{i,\text{нн}} b_i - P_{i,\text{ст}} c_i}{\cos \beta_i} = \frac{P_i (b_i - c_i)}{\cos \beta_i} = \frac{T_i d}{2 \cos \beta_i}$, а $M_{i,\text{тр}}$, имеющий

место только на барабанных механизмах правки, определяется через работу

трения ($A_{\text{тр}}$): $M_{i,\text{тр}} = \frac{A_{i,\text{тр}}}{2\pi} = \frac{P_{i,\text{тр}} \cdot \pi \cdot d}{2\pi} = \frac{N_i \cdot \mu \cdot d}{2 \cos \beta_i}$.

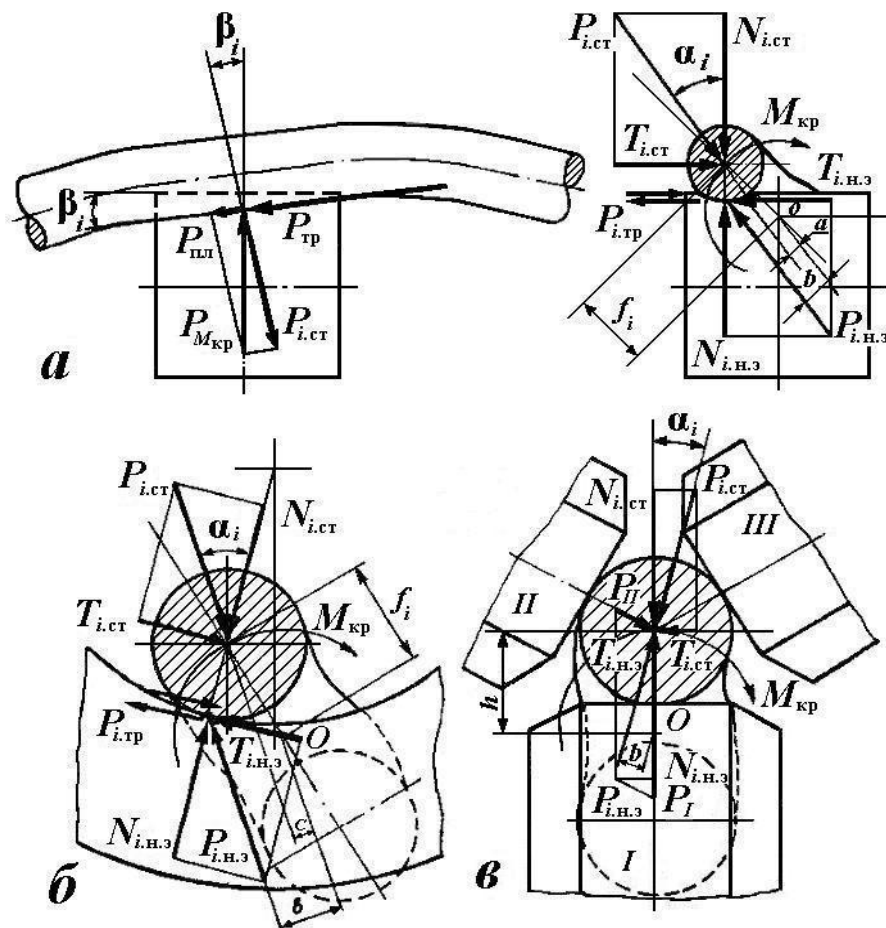


Рис. 11.14. Схемы нажимных элементов и сил, возникающих на плашке (а), в фильере (б) и в трёхроликовом нажимном устройстве (в)

Суммарный крутящий момент ($M_{кр}$) механизма правки:

$$M_{кр} = \sum M_{i.пл} + \sum M_{i.тр} = \frac{T_i d(n-2)}{2 \cos \beta_i} + \frac{N_i \mu \cdot d(n-2)}{2 \cos \beta_i} = \frac{P_i \sin \alpha_i d(n-2)}{2 \cos \beta_i} + \frac{P_i \cos \alpha_i \mu \cdot d(n-2)}{2 \cos \beta_i} = \frac{0,68 \sigma_t \cdot d^4(n-2)k}{2t \cos \beta_i} (\sin \alpha_i + \mu \cdot \cos \alpha_i),$$

где T_i и N_i – составляющие сил правки P_i (см. рис.11.13), остальные – см. обозначения к ранее приведенным формулам и в тексте.

В вибрационных механизмах правки с нажимными элементами качения (роликами, рис. 11.14, в) $M_{кр}$ необходим только для вращения шарниров пластичности:

$$M_{кр} = \sum M_{i.пл} = \frac{0,68 \sigma_t d^4(n-2)k \sin \alpha}{2t \cos \beta_i}.$$

Угол α_i в начальный момент работы механизма правки возрастает от 0° до определенного значения, средняя величина которого сохраняется в процессе работы. Угол α_i может быть определен на каждом нажимном элементе экспериментально по смещению канавок на изношенных плашках или фильерах, а также на основании равенства работ вращения шарнира пластичности на один оборот и создания крутящего момента с соответствующей эпюрой напряжения в сечении стержня.

Предложенные зависимости позволяют рассчитывать механизмы правки любого вида: роликовые, барабанные и вибрационные.

На заводах железобетонных изделий продолжают эксплуатироваться ранее выпускавшиеся станки с вращающимися ножами (С-338А, СМЖ-142А и др.). производство которых прекращено из-за недостаточной точности заготавливаемых ими прутков по длине.

Для заготовки коротких прутков на заводах железобетонных изделий эксплуатируются также специальные станки, изготавливаемые небольшими партиями или поштучно. К таким станкам относится станок СМЖ-192. В нем арматура подается через правильный барабан двумя конусными роликами и поджимается цилиндрическими роликами, которые при наладке могут перемещаться вдоль осей конусных роликов. Отрезное устройство выполнено также в виде двух конусных роликов, расположенных под углом 40° один относительно другого и вращающихся в противоположные стороны. На этих роликах закреплены ножи, длина которых равна длине образующих конусов. Все конусные ролики имеют одинаковые размеры, оси подающих и нижнего отрезного роликов параллельны, а направления вращения одинаковы. В зависимости от размещения подаваемой арматуры по тому или иному диаметру конусных роликов устанавливается длина отрезаемых прутков. Недостатком данных станков является повышенный шум, создаваемый ими при работе.

Для заготовки коротких прутков широко распространены станки с циклической подачей арматуры с цанговыми захватами, перемещаемыми двумя спаренными пневмоцилиндрами, и механизмами реза (гильотинными ножами). Такие станки, (например станок АКС-500) хотя и менее производительны, но значительно проще по конструкции и создают меньший шум. Применяются также станки, в которых арматура подается электромеханическим приводом с кривошипно-шатунным механизмом.

Станки для гибки арматурной стали придают арматурным стержням заданную форму путем устройства отгибов, крюков на концах стержней, служат для изготовления хомутов, монтажных петель и пр. Станки с ручным приводом используются для заготовки арматуры из стержней диаметром до 20 мм при небольших объемах работ. На станках с механическим приводом могут обрабатываться арматурные стержни диаметром до 90 мм. Рабочим органом станков является гибочный диск, или сектор.

Для гибки прутков арматурной стали серийно используются отечественные универсальные станки СМЖ-173А и СМЖ-179А. Выпускаемый в настоящее время станок СГА-I практически почти ни чем не отличается от станка СМЖ-173А (рис. 11.15), который включает в себя сварную раму 1, червячный редуктор 2, установленный на раме, и диск 3, закрепленный на нем. На диске прикреплен гибочный палец 4, который можно вставлять в одно из четырех отверстий диска, и центральный палец 5; на раме – опорный палец 6. Вращение на входной вал червячного редуктора передается через шестерни 7 и клиноре-менную передачу 8 от односкоростного электродвигателя 9. Необходимую частоту вращения диска получают, переставляя шестерни привода.

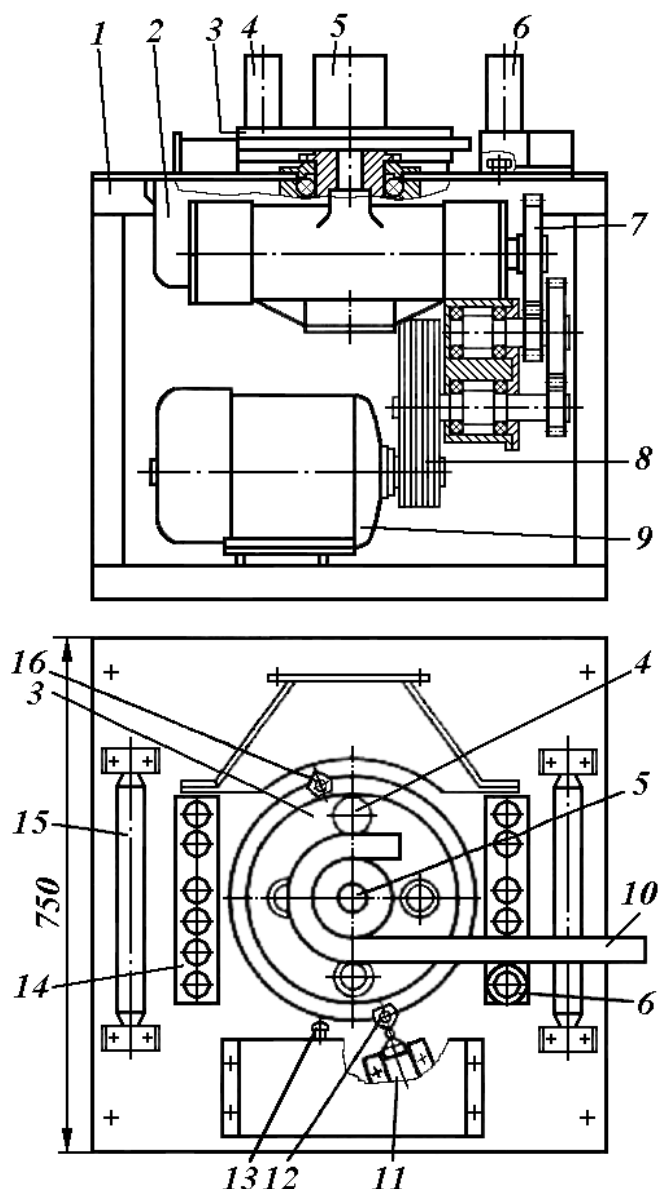


Рис. 11.15. Станок СМЖ-173А для гибки арматурных прутков

Для получения требуемого угла гибки арматурного прутка 10 с автоматической остановкой гибочного диска в нем имеется 48 отверстий, в два из которых вставляются командные кулачки 12 и 16, а на раме станка установлены два конечных выключателя 11 и 13. При повороте диска на установленный угол один из кулачков воздействует на конечный выключатель, переключающий привод на обратное вращение диска, которое осуществляется до нажатия второго кулачка на другой конечный выключатель, после чего диск останавливается в исходном положении. Для размещения опорных неподвижных пальцев 6 на столе рамы закреплены два бруска 14 с отверстиями, а для опирания прутков – ролики 15.

Станок СМЖ-179А настраивают на необходимый угол изгиба прутка настройкой реле времени. Станок имеет двухскоростной электродвигатель, что позволяет легко изменять частоту вращения диска.

Универсальные станки для гибки прутков арматурной стали выпускают и зарубежные фирмы.

Фирма Педдингхаус (ФРГ) выпускает станки, которые по конструкции механической части однотипны и имеют много унифицированных узлов.

Механизм привода гибочного диска каждого станка расположен в стальном закрытом корпусе и смазывается с помощью системы централизованного смазывания. В верхней части корпуса размещен гибочный диск с центральным и гибочным пальцами. Неподвижный опорный палец может переставляться в соответствующее отверстие одного из четырех поперечных брусков стола. Положение брусков регулируется винтами. На краях стола закреплены ролики для опирания стержней. Станки выполняют передвижными на колесах или стационарными. Диск приводится во вращение от самотормозящего электродвигателя через предохранительную муфту и многоступенчатый зубчатый редуктор. Станком управляют с пультов, расположенных на его корпусе, а также двумя педалями. Электрооборудование выполнено с использованием печатных электросхем и смонтировано в закрытых шкафах.

Станки по заказу комплектуют разными деталями и приспособлениями (роликами различного диаметра, надеваемыми на гибочные пальцы, гибочными рычагами и др.), позволяющими изготавливать разнообразные арматурные изделия (изгибать прутки с различным радиусом или одновременно несколько прутков, навивать спирали, делать хомуты и др.).

Станки различных рядов отличаются один от другого степенью автоматизации их работы и соответствующим оснащением, а также частотой вращения гибочного диска и мощностью.

Станки рядов «Специал» и «Перфект К» выполнены со сравнительно малой автоматизацией процесса гибки, позволяющей задавать угол гибки.

Станки ряда «Перфект КА» оборудованы потенциометром с предварительным заданием изгибов прутков на три различных угла, которые осуществляются в любой последовательности с управлением рычагом. Кроме того, применен поправочный потенциометр. В машине установлено запоминающее устройство, в котором учитывается частичное выпрямление изгибаемого прутка из-за упругости стали, что позволяет сделать необходимую поправку.

При замене электроаппаратуры в цепи управления, имеющей штекерное соединение, создается новая модификация станка «Перфект КА» – станок «Перфект РА», в программном блоке которого заложена возможность предварительного задания гибки на восемь различных углов. Процесс гибки выполняется автоматически без перестановки ручки задания углов гибки. При этом имеется возможность дополнить программу отдельными гибочными углами и направлениями изгиба прутков.

В станках ряда «Перфект PLA» программирование направления, углов и последовательность гибки прутков осуществляется с помощью перфокарт. Со станками поставляются перфорированные карты как со стандартными программами гибки, так и нейтральные, которые могут быть перфорированы на месте эксплуатации согласно коду.

Различные типы станков фирмы Педдингхаус позволяют использовать их в зависимости от требований эксплуатации.

Фирма Крупп (ФРГ) выпускает станки рядов В и ВВ. Станки для гибки прутков диаметром до 40 мм имеют механический привод вращения гибочного диска, а станки В 6000 и В 703 для гибки прутков диаметром соответственно до 60 и 80 мм – гидравлический привод. Исполнения станков бывают как обычное, так и с программным управлением поворотами на требуемые углы гибочного диска. Для этого используют программный диск или систему программного управления «Футуроматик», с помощью которой можно предварительно задавать до шести различных углов гибки (три влево и три вправо).

Фирма Мубеа (ФРГ) также выпускает станки с автоматизированным процессом гибки. Станок ВО32 оборудован цифровым электронным управлением с ротационным датчиком импульсов, с помощью которого предварительно задают гибку прутка на восемь углов четырех размеров, осуществляемую последовательными нажатиями педали. Нажимая кнопку возврата, можно повторить требуемые углы гибки. Каждый переключатель выбора углов имеет контрольную лампочку для визуального контроля процесса гибки.

Фирма Оффисине Мекканихе Эрнесто Сильвестри (Италия) производит универсальные гибочные станки ряда Р в обычном исполнении, а также комбинированные станки ряда РТ, оснащенные ножницами для резки стержневой арматуры. Для гибки спиралей выпускается специализированный станок «Саландра» с тремя дисками. На этом станке можно изготавливать спирали диаметром 150...200 мм из стали диаметром 6...24 мм. Станок имеет две частоты вращения гибочных дисков 10 и 20 об/мин. Для гибки четырехугольных хомутов из стали диаметром 4...12 мм с минимальной стороной 55 мм фирма выпускает специализированный станок Стафф Велокс СРЧ-12.

Фирма Рема (Италия) также производит как обычные универсальные гибочные станки ряда РА, так и гибочные станки РСА, комбинированные с ножницами. Гибочный диск на станках располагается на горизонтальном столе, а ножницы – консольно у нижней части боковой стенки корпуса. Комбинированные станки, предусматривающие как гибку, так и резку арматуры, целесообразны при небольших объемах переработки ее, когда универсальность не снижает производительность. При больших объемах переработки арматуры более выгодны специализированные станки и станки с программным управлением.

Установки для напряженного армирования железобетонных элементов. Для напряженного армирования железобетонных изделий выпускается разнообразное оборудование, которое можно подразделить по способу натяжения арматуры. Натяжение арматуры может производиться на специальные упоры стендов или упоры форм с последующей передачей усилия натяжения на затвердевший бетон, что имеет место при напряженном армировании большинства изделий. Натяжение арматуры может производиться и непосредственно на затвердевший бетон, например, при изготовлении

предварительно напряженных железобетонных труб, резервуаров, сочлененных ферм и пр.

Производят натяжение отдельных стержней, пучков или высокопрочной проволоки, разматываемой из бухты (непрерывное напряженное армирование). Натяжение может выполняться механическим, электротермическим и электро-термомеханическим способами.

Большое распространение получили гидравлические домкраты, работающие от передвижных насосных станций. Основными характеристиками гидравлических домкратов являются их тяговое усилие (2,5...160 т), давление в цилиндре (до 40 МПа) и ход поршня (45...100 мм).

Сварка сеток или каркасов из стержней относительно малых диаметров производится на специализированных машинах с применением точечной контактной сварки. Стержни больших диаметров свариваются на специальных стендах сварочными клещами или электродуговой сваркой.

Подвесную машину МТП-806 применяют для сварки арматурных каркасов. В ее состав входят основной блок, токоведущие кабели и сварочные клещи. В основной блок входят сварочный трансформатор, пневмоаппаратура и электрооборудование. В нижней части трансформатора расположены выводы вторичных витков, к которым прикреплены токоведущие кабели, а в верхней части – шпильки первичной обмотки, к которым подсоединены провода от переключателей ступеней. Обмотки трансформатора залиты эпоксидным компаундом, его охлаждение производится проточной водой. Электрооборудование, расположенное на основном блоке, включает в себя панель аппаратуры и пульт управления. На панели размещены два переключателя ступеней и штекерные разъемы для соединения со шкафом управления, клапаном и кнопкой клещей. На пульте управления имеются сигнальная лампа и кнопка аварийного отключения машины. В шкафу управления расположены регулятор цикла сварки, тиристорный контактор, панель аппаратуры и автоматический выключатель, с помощью которого подается и снимается напряжение сети и осуществляется ее защита от коротких замыканий.

Сварочные клещи КТП-8-2 с осевым ходом электродов (рис. 11.16) работают от сжатого воздуха и состоят из корпуса 1 с закрепленным на нем электрододержателем 2 с неподвижным электродом 3 пневмоцилиндром 6 с электрододержателем 5 и подвижным электродом 4, переставных рукояток 8 и кнопки 7 управления.

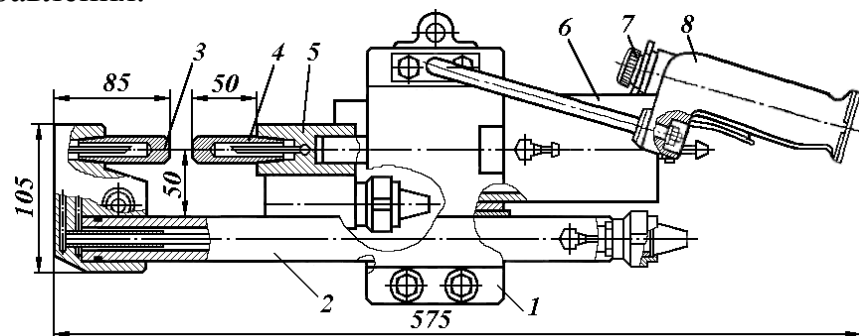


Рис. 11.16. Сварочные клещи КТП-8-2

На машине МТП-806 могут быть установлены клещи КТП-8-1 с радиальным ходом электродов, электрододержатели которых поворачиваются вокруг оси.

Подвесная сварочная машина МТП-807 отличается от машины МТП-806 тем, что ее клещи имеют гидравлический привод, в котором масло нагнетается с помощью пневмогидравлического усилителя, представляющего собой выполненный вместе блок из гидроцилиндра небольшого диаметра, соединенного с клещами, и пневмоцилиндра большого диаметра, соединенного через пневмо-клапан давления с пневмолинией цеха. Развиваемое в гидролинии давление больше давления в пневмолинии во столько раз, во сколько площадь поршня пневмоцилиндра усилителя больше площади его гидроцилиндра. Возврат поршня клещей с подвижным электродом осуществляется от пружины.

На этих машинах свариваются стержни диаметром от 5+5 до 16+16 мм.

Приведенные машины имеют сварочные клещи, соединенные токоведущими кабелями с отдельным трансформатором. В то же время сварочный трансформатор располагают и в корпусе клещей. В этом случае к ним не подводятся тяжелые кабели, но сами клещи более тяжелые и требуют подвесок, позволяющих легко маневрировать с ними. К этому типу клещей относят отечественные клещи К-243В и клещи французской фирмы ARO.

11.3 Машины для изготовления железобетонных изделий и конструкций

11.3.1. Машины и оборудование для транспортирования бетонных смесей

Для транспортирования товарных бетонных и растворных смесей на расстояния более 1 км от смесительных установок и заводов на строительные объекты применяют специализированные автотранспортные средства на базе шасси грузовых автомобилей – авторастворовозы, автобетоновозы и автобетоносмесители, оснащенные технологическим оборудованием для предотвращения потерь и сохранения качества смесей в пути следования. В некоторых случаях жесткие смеси перевозят в специально оборудованных автосамосвалах. На крупных стройках смеси перевозят в бункерах, бадьях, контейнерах, установленных в кузовах автомобилей или на железнодорожных платформах. Транспортирование смесей к месту укладки на небольшие расстояния во внутрипостроечных условиях осуществляется наиболее эффективно средствами трубного транспорта – бетоно- и растворонасосами, бетоно- и растворонагнетателями. При транспортировании по трубам обеспечивается непрерывность перемещения смеси в горизонтальном и вертикальном направлениях, сохраняется качество смеси и сводятся к минимуму ее потери. Трубный транспорт позволяет доставлять смеси в труднодоступные места и вести работы по их укладке в стесненных условиях.

На качество смесей, перевозимых специализированным автотранспортом, влияют продолжительность перевозки, температура смеси и окружающей среды, состояние дорожного покрытия.

Автобетононасосы предназначены для подачи свежеприготовленной бетонной смеси с осадкой конуса 6...12 см в горизонтальном и вертикальном направлениях к месту укладки при возведении сооружений из монолитного

бетона и железобетона. Они представляют собой самоходные мобильные бетонотранспортные машины, состоящие из базового автошасси, бетононасоса с гидравлическим приводом и шарнирно сочлененной стрелы с бетоноводом для распределения бетонной смеси в зоне действия стрелы во всех ее пространственных положениях. Автобетононасосы конструктивно подобны и оборудуются двухцилиндровыми гидравлическим поршневыми и роторно-шланговыми бетононасосами.

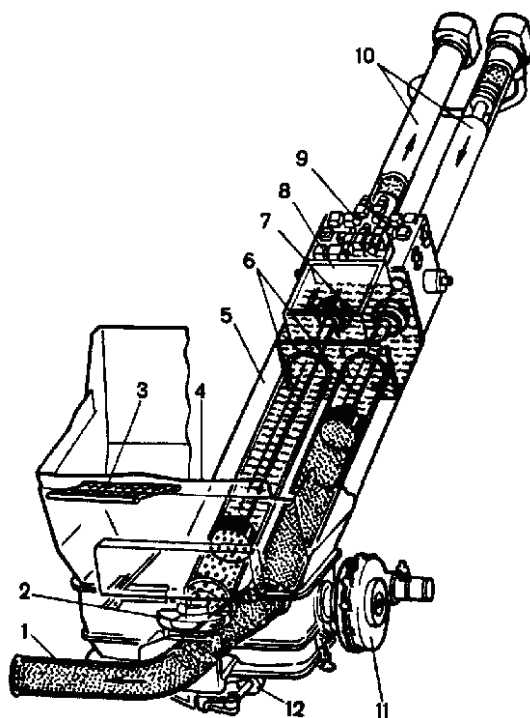


Рис. 11.17. Гидравлический поршневой бетононасос

Поршневой гидравлический бетононасос (рис. 11.17) состоит из двух бетонотранспортных цилиндров 6, поршни которых получают синхронное движение во взаимно противоположных направлениях от индивидуальных рабочих гидроцилиндров 10, осуществляя попеременно такт всасывания смеси из приемной воронки 3 и такт нагнетания ее в бетоновод 1. Движение поршней согласовано с работой поворотной бетонораспределительного устройства 2, поворот которого на определенный угол осуществляется с помощью двух гидроцилиндров 12. Когда в одном из бетонотранспортных цилиндров бетонная смесь всасывается из воронки, во втором через поворотную трубу распределительного устройства смесь нагнетается в бетоновод 1. В конце хода нагнетания распределительное устройство изменяет свое положение одновременно с переключением хода приводных гидроцилиндров с помощью следящей системы. Приемная воронка оборудована в верхней части решеткой 4, а в нижней – лопастным побудителем с приводом 11.

Бетонотранспортные цилиндры помещены в корпус 5, имеющий резервуар 8 для промывочной воды и сообщающийся со штоковыми полостями бетонотранспортных цилиндров. Промывочную воду сливают в бетонотранспортный цилиндр через спускное отверстие, перекрываемое крышкой с рукояткой 7. Бетононасос снабжен электрогидравлическим блоком управления 9.

Гидравлический привод обеспечивает более равномерное движение смеси в бетоноводе, предохраняет узлы насоса от перегрузок и позволяет в широком диапазоне регулировать рабочее давление и производительность машины. Двухпоршневые бетононасосы с гидравлическим приводом обеспечивают диапазон регулирования объемной подачи от 5 до 65 м³/ч при максимальной дальности подачи до 400 м по горизонтали и до 80 м по вертикали.

Техническая производительность (м³/ч) поршневых бетононасосов:

$$P_T = 3600 A n K_n,$$

где A – площадь поперечного сечения поршня, м²; l – длина хода поршня, м; n – число двойных ходов поршня, с⁻¹; $K_n = 0,8...0,9$ – коэффициент наполнения смесью бетонотранспортного цилиндра.

Главным параметром автобетононасосов является объемная подача (производительность) в м³/ч.

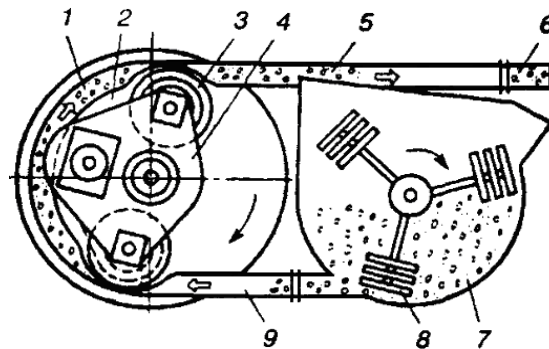


Рис. 11.18. Роторно-шланговый бетононасос

В беспоршневом роторно-шланговом бетононасосе с гидравлическим приводом (рис. 11.18) два резиновых ролика 3 ротора 4 прокатываются по участку эластичного шланга 1, заключенному в полукольцевой насосной камере 2, и выдавливают из него бетонную смесь в напорный рукав 5, соединенный с бетоноводом 6. Во всасывающем рукаве 9 за счет упругого восстановления формы шлангом создается разрежение, необходимое для засасывания бетонной смеси из приемного бункера 7 с лопастным смесителем 8, непрерывно перемешивающим смесь. Современные роторно-шланговые бетононасосы имеют производительность 30...70 м³/ч и обеспечивают подачу бетонной смеси до 300 м по горизонтали и до 70 м по вертикали.

В качестве сборно-разборных бетоноводов бетононасосных установок используют стальные длиной до 3 м бесшовные трубы постоянного диаметра на всем его протяжении. Прочность и герметичность соединения труб на стыках обеспечивается специальными быстродействующими рычажными замками.

Насосы с гидравлическим приводом выпускают в стационарном и передвижном вариантах, включая модели на шасси автомобилей со стреловым оборудованием (автобетононасосы).

Автобетононасос (рис. 11.19) подает товарный бетон в горизонтальном и вертикальном направлениях к месту укладки с помощью распределительной стрелы 4 с бетоноводом 9 или инвентарного бетоновода. Распределительная стрела состоит из трех шарнирно сочлененных секций, движение которым в вертикальной плоскости сообщается гидроцилиндрами двустороннего действия

5, 7 и 11. На раме автобетононасоса смонтированы гидробак 6, бак для воды 10 и компрессор 12. Стрела монтируется на поворотной колонне 3, опирающейся на раму 15 шасси 1 через опорно-поворотное устройство 2, поворачивается в плане на 360° гидравлическим поворотным механизмом и имеет радиус действия до 19 м. Прикрепленный к стреле шарнирно сочлененный секционный бетоновод 9 заканчивается гибким шлангом 13. Бетонная смесь подается в приемную воронку 14 бетононасоса 8 из автобетоносмесителя или автобетоновоза. При работе автобетононасос опирается на выносные гидравлические опоры 16. Автобетононасосы имеют переносной пульт дистанционного управления движениями стрелы, расходом бетонной смеси и включением-выключением бетононасоса, что позволяет машинисту находиться вблизи места укладки смеси.

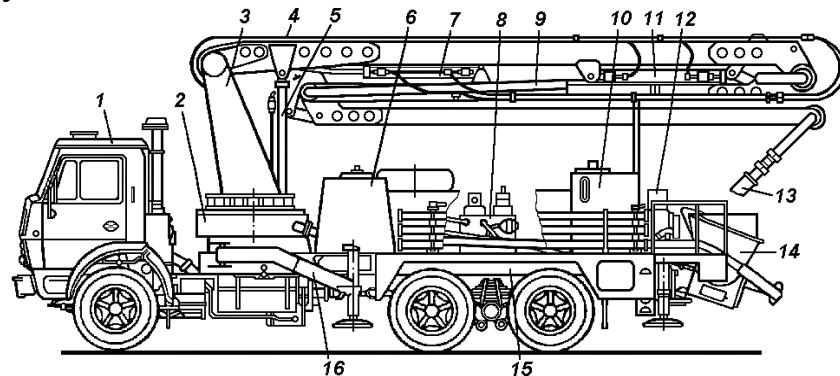


Рис. 11.19. Автобетононасос

11.3.2. Машины для формирования железобетонных изделий и конструкций

Бетонная смесь после укладки ее в опалубку сооружения или в форму подвергается уплотнению. При этом из смеси выделяются частицы воздуха, избыточная влага, в ней ликвидируются пустоты, уменьшается пористость, происходит лучшее заполнение формы или опалубки. Увеличение плотности бетонной смеси повышает ее однородность, прочность бетона, его водонепроницаемость и морозостойкость. Уплотнение бетонной смеси производится вибрированием.

В заводских условиях на конвейерных линиях форма устанавливается на виброплощадке. Созданы различные виды вибрационного оборудования для формирования железобетонных изделий. Наряду с виброплощадками с вертикальными колебаниями внедрены виброплощадки с горизонтальными колебаниями, в том числе работающие в резонансном режиме.

При стандовом производстве, включая и кассетное, а также при уплотнении смеси в опалубке применяют переносные вибраторы – навесные, глубинные и поверхностные. Рабочим органом переносных вибраторов является вибровозбудитель (вибрационный элемент). По роду привода вибровозбудителей переносные вибраторы разделяются на механические, электромагнитные и пневматические. Наибольшее распространение получили механические вибраторы с электрическим приводом.

Эффективность уплотнения зависит, в частности, от частоты и амплитуды колебаний вибрационного элемента. Для уплотнения бетона применяются вибраторы с частотой 3000...15000 колебаний в минуту и с амплитудой

0,1...3,0 мм. Низкая частота колебаний при большой амплитуде применяется для уплотнения смеси с крупными заполнителями, а вибрация с большей частотой колебаний и меньшей амплитудой – для смеси с мелкими заполнителями. В зависимости от способа передачи колебаний бетонной смеси вибраторы разделяются на поверхностные, внутренние и наружные.

Поверхностные вибраторы устанавливают основанием (площадкой) на поверхность уплотняемой бетонной смеси и перемещают в процессе работы по этой поверхности. Например, поверхностные вибраторы применяют при изготовлении плит с арматурой в виде сеток, при бетонировании фундаментов, устройстве бетонных дорожных покрытий и т.п.

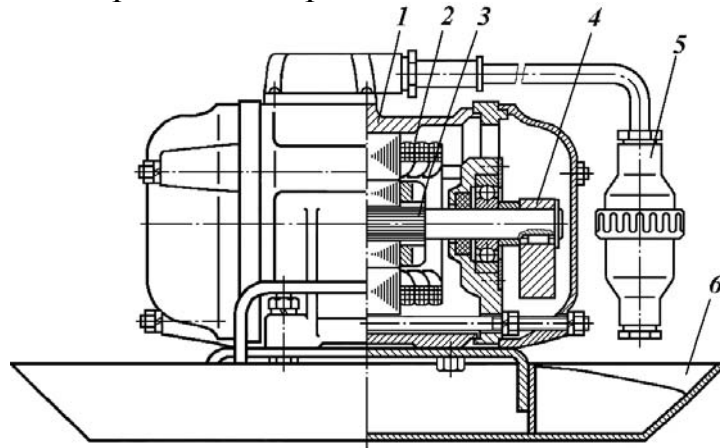


Рис. 11.20. Поверхностный вибратор:

1 – электродвигатель; 2 – ротор электродвигателя; 3 – вал ротора; 4 – дебаланс; 5 – штепсельное соединение; 6 – поддон (площадка)

Поверхностный вибратор (рис. 11.20) состоит из возбuditеля колебаний, укрепленного болтами на основании, передающем колебания на уплотняемую бетонную смесь. Возбудителем колебаний служит электрический двигатель трехфазного переменного тока с короткозамкнутым ротором, на валах 3 которого укреплены посредством шпонок два эксцентриковых дебаланса 4. Основание (корпус) вибратора имеет форму корыта с плоской подошвой и с приваренными ребрами жесткости. Электрический ток подводится кабелем с разъемным штепсельным соединением.

Производительность поверхностных вибраторов зависит от размеров опорной поверхности, глубины распространения вибрации и длительности вибрирования. Действие вибрации распространяется на глубину 200...300 мм, продолжительность вибрирования на одном месте зависит от жесткости бетонной смеси и в среднем составляет 40 сек.

Разновидностью поверхностных вибраторов являются виброрейки и вибробрусья, имеющие удлиненную площадку, на которой размещены один или несколько возбuditелей колебаний. Такие вибраторы иногда применяются при устройстве бетонных дорожных покрытий и т.п.

Внутренние (глубинные) вибраторы предназначены преимущественно для уплотнения бетонной смеси при укладке ее в монолитные конструкции. В вибраторах этого типа вибрационный элемент либо заключен вместе с двигателем в общий влагонепроницаемый корпус, погружаемый в уплотняемую бетонную смесь, либо соединен с электродвигателем гибким валом.

На рис. 11.21, *а* показано устройство глубинного вибратора – вибробулавы. Вибратор состоит из стального цилиндрического корпуса, штанги с амортизатором и рукояткой. В корпусе на шарикоподшипниках размещен вал с дебалансом, приводимый во вращение от электродвигателя. Внутри штанги проходит кабель, подводящий электрический ток. Амортизатор 4 предназначен для гашения колебаний, передаваемых на рукоятку, служащую для переноса и перемещения вибратора в процессе его работы. В нижней торцевой части корпуса вибратора приварены скошенные ребра 10, препятствующие вращению корпуса вибратора при его работе. Работа вибратора начинается после установки его на бетонную смесь и включения электродвигателя. После этого вибратор погружается на заданную глубину. Вал с дебалансом, вращаясь, передает через корпус круговые колебательные движения, распространяющиеся на бетонную смесь в радиусе 0,5...0,6 м. Продолжительность вибрирования бетонной смеси на одном месте составляет 30...40 сек в зависимости от ее жесткости.

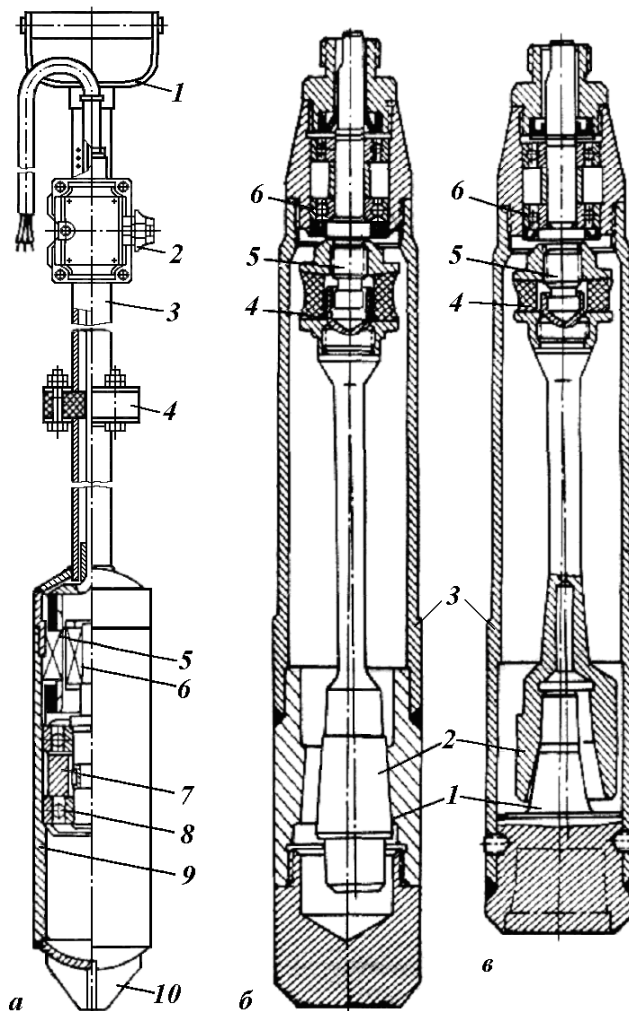


Рис. 11.21. Глубинные вибраторы:

а – вибробулава: 1 – рукоятка; 2 – выключатель; 3 – штанга; 4 – амортизатор; 5 – статор; 6 – ротор; 7 – вал с дебалансами; 8 – подшипник; 9 – корпус; 10 – ребра стабилизатора; *б, в* – вибровозбудители планетарного типа: *б* – с наружной обкаткой, *в* – с внутренней обкаткой: 1 – беговая дорожка; 2 – бегунок; 3 – корпус; 4 – упругая муфта; 5 – шпindel; 6 – подшипник

На рис. 11.21, *б* и *в* представлено устройство вибровозбудителей колебаний планетарного типа внутреннего вибратора. Такой возбудитель

колебаний может быть выполнен с наружной (рис. 11,21, б) или с внутренней (рис. 11.21, в) планетарной обкаткой бегунка по беговой дорожке.

При вращении бегунка 2, соединенного с приводным валом шарнирно посредством упругой муфты, бегунок под действием центробежной силы приходит в соприкосновение с беговой дорожкой 1, образуемой внутренней поверхностью конической части или поверхностью центрального пальца корпуса виброэлемента. Бегунок приводится во вращение от двигателя через упругую муфту шпинделя 5. Колебания передаются через корпус на уплотняемую бетонную смесь. Во внутренних вибраторах с возбудителями колебаний планетарного типа частота колебаний при неизменном числе оборотов вала двигателя зависит от соотношения диаметров бегунка и беговой дорожки.

Для уплотнения бетонной смеси в блоках массивных сооружений применяются пакеты вибраторов, представляющие собой жесткую стальную сварную раму с укрепленным на ней комплектом внутренних вибраторов в количестве 4...8 штук. Вибраторы посредством штанг с амортизаторами прикреплены к раме, имеющей подвеску для подъема и опускания пакета. Питание вибраторов электроэнергией осуществляется посредством подведенных кабелей от клеммной раздаточной коробки, соединенной с электрошкафом (с пусковой аппаратурой) и пультом управления. Погружение пакета вибраторов в бетонную смесь и подъем их производятся краном.

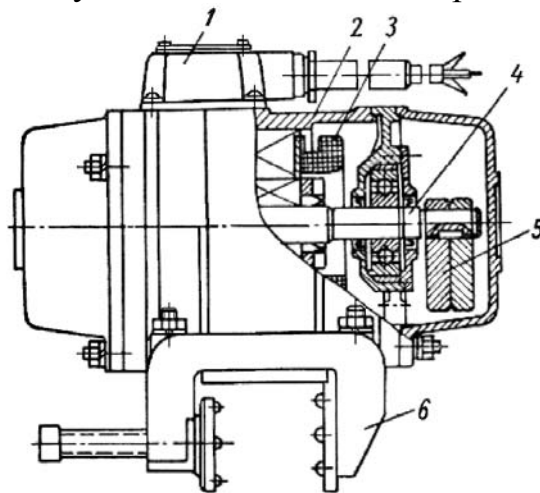


Рис. 11.22. Наружный вибратор:

1 – клеммная коробка; 2 – корпус; 3 – статор двигателя; 4 – ротор двигателя с валом; 5 – дебалансы; 6 – тисковый зажим

Наружные вибраторы применяются в тех случаях, когда невозможно использовать поверхностные или глубинные, например, для уплотнения бетонной смеси при изготовлении различных тонкостенных конструкций с часто расположенной арматурой, в частности при изготовлении панелей в кассетах и т.п. Вибраторы этого типа передают колебания бетонной смеси через опалубку или стенки формы изделий, к которым они крепятся с помощью различных устройств. Наружные вибраторы широко используются и для интенсификации выгрузки сыпучих и других материалов из бункеров, бадей и т.п. На рис. 11.22 показан наружный вибратор. В корпусе вибратора размещен электродвигатель

трехфазного переменного тока. На консольных концах удлиненного вала ротора размещены регулируемые эксцентриковые дебалансы 5. Корпус вибратора прикреплен болтами к тискам 6, посредством которых он крепится к опалубке или к форме изделия. Питание вибратора осуществляется посредством кабеля через клеммную коробку. Конструкция вибратора позволяет изменять величину возмущающей силы путем установки частей дебалансов под углом друг к другу.