

В С Н Х — У С С Р
И Н Д У С Т Р О Й О Б Ъ Е Д И Н Е Н И Е

В С Е У К Р А И Н С К И Й
Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й
С Т Р О И Т Е Л Ь Н Ы Й
К Л А С С • И Н Д У С Т Р О Й •

0131
ПРОРОК

158569

О П Ы Т
В Т О Р О Г О Р А Й О Н А
И Н Д У С Т Р О Я
П О С Т Р О И Т Е Л Ь С Т В У
Х А Р Ь К О В С К О Г О
Т Р А К Т О Р Н О Г О
З А В О Д А

Д В О У Т Е Х Н И Ч Е С К О Е
И З Д А Т Е Л Ь С Т В О

V.N. Karazin Kharkiv National University



00529613

8

9/C23/1921-1940

3305 (C23)

ВСНХ УССР. УКРСТРОЙОБЪЕДИНЕНИЕ
ВСЕУКРАИНСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ТРЕСТ „ИНДУСТРОЙ“

ОПЫТ ВТОРОГО РАЙОНА ИНДУСТРОЯ

ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ

ХАРЬКОВСКОГО ТРАКТОРНОГО ЗАВОДА

ПРОПРОВАЖЕНО



Г-45
ЦЕНТРАЛЬНА НАУКОВА
БІБЛІОТЕКА ХАУ
Inv. № 158569



ДВОУ. ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ХАРЬКОВ

1931

58

ПРОПРОВАЖЕНО
1945 1930

СОДЕРЖАНИЕ

Введение — <i>Д. Черенов</i>	3
Значение Тракторостроя в общей деятельности Индустрия — <i>В. Трубин</i>	4
Организация работ на строительстве ХТЗ — <i>Н. Дубнов</i>	7
Зимние работы на харьковском Тракторострое — <i>П. Барсуков</i>	17
Рационализация опалубки и опалубочных работ — <i>И. Найдено</i>	38
Организация бетонирования непрерывным потоком посредством Баукрафта— <i>А. Воловельский</i>	68
Опыт укладки отдельных железобетонных элементов — <i>С. Найман</i>	85
Рационализация штукатурных работ — <i>Л. Книккер</i> и <i>Я. Гехман</i>	99
Причина аварии тепляка теплоэлектроцентрали — <i>С. Сухоруков</i>	106
Инструкция о применении рядовых (железокирпичных) перемычек по жилищному строительству ХТЗ	109

ВВЕДЕНИЕ

Огромная политическая и экономическая важность строительства одного из гигантов всесоюзной социалистической промышленности — харьковского Тракторного завода — и громадная его роль в деле осуществления социалистической реконструкции сельского хозяйства в условиях темпов развития сельскохозяйственного и всего социалистического строительства советской промышленности — достаточно освещены в нашей печати.

Помимо того, имеется достаточно литературы и о сталинградском Тракторострое, равномощном харьковскому. Поэтому, выпуская настоящий сборник, мы поставили себе целью представить вниманию читателей наш технический и организационно-управленческий опыт строительства. В этом сборнике мы попытались отобразить опыт строительства харьковского Тракторного завода и поделиться достижениями и недостатками строительства, с тем, чтобы на опыте наших недостатков и достижений более успешно проводить будущие стройки.

К сожалению, ряд участников уже законченных гигантских строек не поделились своим техническим опытом в литературе. Сборник этот предполагается к изданию в трех выпусках. В него войдет целый ряд рационализаторских мероприятий собственно строительных процессов, а также механизации и эксплуатации механизмов, в том числе и импортных; освещение опыта зимней стройки, вопросов подготовки строительных кадров, планирования строительных работ, материалов технического нормирования, вопросов учета и отчетности и, наконец, массовой партийной и профессиональной работы.

Вполне возможно, что в отношении выпуска настоящего издания будут допущены недочеты, но их следует объяснить, помимо прочих причин, тем, что составление материалов производилось в момент напряженнейшей работы окончания строительства, когда строительные работы были закончены только на 60 — 70% и когда усилия всего коллектива были направлены на выполнение задач, поставленных перед нами партией и правительством, — пустить тракторный в срок, т. е. 1 июля 1931. г.

Однако, не взирая на могущие быть недочеты в помещаемых материалах, мы постараемся в полной мере осветить, как наш коллектив осилил объемы и темпы работ и техники, что необходимо знать не только всем соприкасающимся со строительством, но и широким трудящимся массам, участие и проявленное внимание которых к нашей стройке было велико.

Начальник работ второго района Индустрия Д. Чернов

ЗНАЧЕНИЕ ТРАКТОРОСТРОЯ В ОБЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНДУСТРОЯ

Индустрой, как строительная организация, существует с начала 1926 г. Постройка Тракторостроя включена была в программу Индустроя в январе месяце 1930 г., т. е. в начале пятого года существования Индустроя, и является самой крупной его стройкой за все время существования. Теперь эта гигантская постройка близка к своему успешному завершению, согласно плановых установок и в сроки, преподанные правительством. Пуск завода намечен 1 июля 1931 г.

За все пять лет существования, Индустрой в его программе не было подобного гиганта, и он не располагал опытом такого крупного строительства, но для успешного выполнения этого задания у Индустроя имелись все необходимые предпосылки. За четыре года работы, предшествовавшие постройке харьковского гиганта, Индустрой из года в год вырастал как в отношении ценностной стоимости выпускаемой им из года в год строительной продукции, так и в отношении объемного увеличения отдельных объектов строительства. Точно так же из года в год, в связи с общим развитием строительства, перед Индустроем возникали все более и более сложные технические вопросы в отношении применения новых конструкций, новых материалов, новых методов производства работ.

Таким образом, к началу пятого года своего существования Индустрой вырос организационно и окреп технически настолько, что мог принять на себя строительство гиганта — харьковского тракторного завода — в небывало короткий срок — 12 месяцев.

Подтверждением такого созревания Индустроя могут служить следующие цифры, характеризующие систематический рост ежегодного выполнения строительства Индустроем:

Годы	Выполнено (млн. руб.)
1926	7
1927	23
1928	37
1929	40
1930	60

В отношении объемных размеров выполнявшихся Индустроём построек также следует отметить систематическое возрастание. Если в 1926 и 27 г. в программу Индустроёма входит почти исключительно выполнение в различных пунктах отдельных единичных построек, домов, больниц, поликлиник, подстанций и лишь кое-где небольших групп жилых домов, то уже в конце 1927 г. и начале 1928 г. программа Индустроёма заметно видоизменяется и начи-

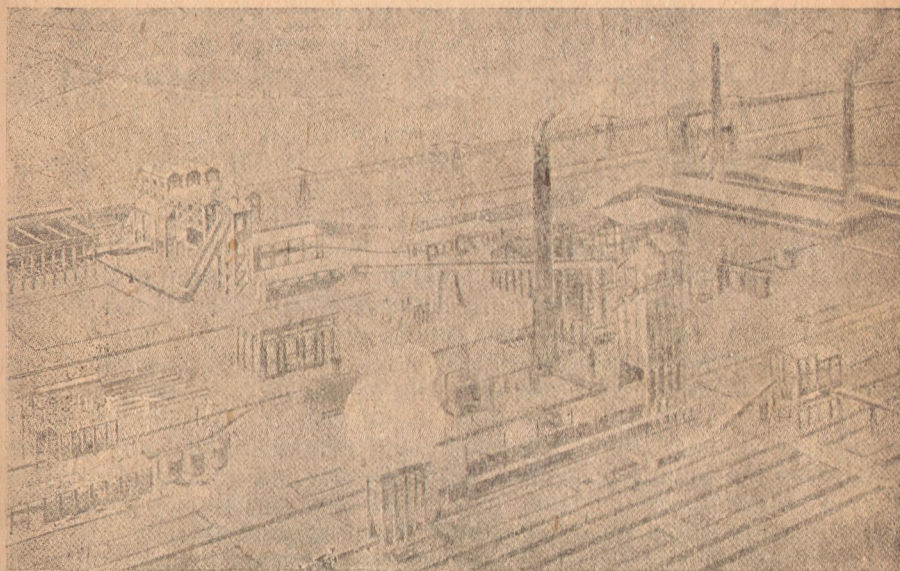


Рис. 1. Коксохимический завод, построенный Индустроём

нает заполняться объектами значительно более крупного размера, большей ценностной стоимости и состоящих из целого комплекса сооружений. Так в конце 1927 г. и в начале 1928 г. в программу Индустроёма включились такие крупные стройки, как новый динамовый завод в Пантелеймоновке стоимостью в 5 млн. рублей, состоявший из комплекса сооружений, и при нем целый жилой поселок со всеми общественными и обслуживающими сооружениями; новая районная электростанция в Криворожье мощностью 40.000 квт., стоимостью около 5 млн. рублей, также представляющая комплекс сооружений технически достаточно сложных. В это же время Индустроёму поручается выполнение крупных комплексов жилищного строительства в Константиновке — поселок из 35 домов и ряд отдельных сооружений. В том же 1928 г. в программу Индустроёма включились крупные и технически сложные

коксохимические заводы в Днепропетровске, Алчевске, Каменском, стоимостью от 10 до 12 млн. рублей каждый; постройка крупного сахарного завода в Веселом Подоле, целая сеть железобетонных элеваторов и т. д.

Работы 1928—1929 г.г. уже дали опыт как в отношении механизации всех видов строительных работ, так и усвоения более совершенных методов работы, как, например, применение сборных конструкций, применение подвижной опалубки, правильный подбор состава бетона, проведение работ при посредстве строительных дворов, путем централизации изготовления массовых элементов сооружений; имелись также достижения и в деле перевода строительства на индустриальные методы работы. В довершение всего необходимо отметить, что в Индустрое за все предшествующие годы был организован и подобран сплоченный технически сильный и спаянный несколькими годами предшествующей работы коллектив работников.

Все это показывает, что в отношении опыта организации и охвата крупных объектов строительства Индустрией к моменту постройки харьковского Тракторного завода имел достаточный опыт, что дало ему возможность сразу же организовать в один-два месяца такую крупную стройку, как ХТЗ.

Ближайшие месяцы покажут, как Индустрией выполнит это задание нашей пятилетки. Эта работа является для Индустроя экзаменом его зрелости для выполнения крупнейших строек программы великих работ. На этой стройке Индустрию пришлось применить и показать весь свой накопленный опыт, все свои организационные навыки, всю свою техническую грамотность и все свои творческие способности и энергию. Кроме того, постройка ХТЗ имеет для Индустроя и другое колоссальное значение. В этой гигантской стройке весь коллектив работников Индустроя был охвачен тем подлинным энтузиазмом и единым душным стремлением победить все препятствия и трудности в работе, без коего выполнить такую гигантскую задачу было бы почти невозможно. На этой стройке коллектив Индустроя закалился в борьбе за темпы, в борьбе за выполнение плана великих работ, и по окончании ХТЗ ему не страшны будут никакие трудности, а Индустрией, как строительная организация, будет иметь огромный опыт в организации и выполнении крупнейших строек пятилетки.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ ХТЗ ИЗЫСКАНИЯ

Начало организации работ по строительству харьковского Тракторного завода следует отнести к концу 1929 г., к тому, примерно, периоду времени, когда были начаты технические и строительно-экономические изыскания.

При выборе площадки для постройки ХТЗ были намечены те основные требования, которым она должна отвечать.

Главным образом необходимо было:

- 1) чтобы размеры площадки были достаточно велики, дабы в будущем безусловно возможно было расширить завод;
- 2) чтобы рельеф местности обеспечил легкую и дешевую планировку территории завода;
- 3) чтобы площадка была расположена у железнодорожной магистрали для обеспечения будущего завода сырьем и вывоза готовой продукции;
- 4) чтобы площадка была расположена возможно выгоднее в отношении водоснабжения;
- 5) чтобы иметь возможность на достаточном расстоянии от заводской территории развить рабочий социалистический город с соответствующими жилыми и общественными секторами;
- 6) чтобы площадка города была достаточно горизонтальна для наиболее подходящей распланировки кварталов, улиц, спортивных и прочих площадок, для постройки жилых и общественного пользования сооружений;
- 7) чтобы господствующие ветры были от социалистического города в сторону завода и, таким образом, гарантировали бы достаточную чистоту воздуха, незасоренность его заводским дымом, газами и т. п.;
- 8) чтобы иметь возможность, помимо этого, отделить территорию завода от города широкой нейтральной зеленой полосой.

Большинству этих условий, как нельзя лучше соответствует намеченная площадка в 15 км к востоку от Харькова, расположенная на магистрали Южных железных дорог, у платформы Лосево, так называемая Лосевская площадка.

После выбора площадки были произведены мензульные, тахеометрические и нивелировочные съемки, было заложено достаточное количество буровых скважин, дабы иметь возможность судить о геологическом строении грунта (см. черт. ¹⁾), который на всей территории площадки более или менее однороден. Под слоем чернозема в 1,0 м залегает мощная толща плотной глины, прорезаемая на глубине около 7,0 м песчаным слоем в 1,20—1,50 м.

Грунтовые воды залегают очень глубоко.

Были также собраны метеорологические и климатические данные за ряд лет. Были проверены и взвешены:

1) наличие в районе строительства необходимых строительных материалов, качество и залежи их;

2) возможность организовать собственную заготовку их;

3) наличие силовых установок как источников энергии и их мощность;

4) наличие или пути снабжения водою как для производства строительных работ, так и для питья;

5) наличие, состояние и потребность путей сообщения и т. д.

По выявлении всех перечисленных обстоятельств, по накоплении достаточного количества материалов и получении основного задания было приступлено (Гипромезем) к изготовлению эскизных проектов.

СПОСОБ ВЕДЕНИЯ РАБОТ, КОНТРАГЕНТЫ

Тем временем в отношении производства строительных работ в основном была принята установка — не вести работ хозяйственным способом, а передать их ряду контрагентов — специальным строительным организациям;

1) строительные — Индустрою;

2) санитарно-технические — Укрсантехстрою и Промвентиляции;

3) железнодорожные — Трансстрою;

4) внешнее водоснабжение и канализацию — Водострою;

5) электротехнические работы — ВЭО;

6) металлические конструкции — Монтажному бюро управления ХТЗ.

Организованное управление Тракторостроя должно было снабжать всех контрагентов транспортными средствами всех видов, оборудованием, инструментами, стройматериалами — как отечественными, так и импортными — электроэнергией и проч.

Большой ошибкой в этой установке было привлечение столь большого количества контрагентов, совершенно самостоятель-

¹⁾ Все чертежи приведены в конце книги.

ных, не связанных общим единым оперативным руководством, считающихся только со своими узковедомственными, а не общими интересами всего строительства. Такой порядок вещей весьма часто осложнял, путал, тормозил и, разумеется, удорожал строительство.

То же нужно сказать и в отношении снабжения материалами, инструментами и транспортом. Безусловно ненормально, что это дело находится в руках тех, кто не имеет никакого прямого отношения к самому производству работ, от кого нельзя, собственно говоря, требовать особой гибкости, умения лавировать. Поскольку строительные организации ответственны за выполнение оперативных планов, за своевременное окончание строительства и пуск завода, постольку строительные организации должны иметь всецело в своих руках дело снабжения строительства материалами, инструментом и транспортом.

ВРЕМЕННЫЕ И ПОДСОБНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Еще в январе 1930 г., как только была разбита площадка, стали завозить лесные материалы для временных сооружений. В виду обширности гиганта - завода и социалистического города, при нем, естественно, нужно большое количество строительных рабочих разных профессий и квалификаций — ориентировочно до 12.000 — 15.000 человек.

На такое количество людей и были намечены временные сооружения (см. черт.).

Вследствие естественного разделения нашего строительства по природе своей на две основные части — Промстрой и Жилстрой, расположенных (см. чертеж) первый к северу, а второй к югу от железнодорожной магистрали, при чем одна от другой находятся на большом расстоянии — все временные сооружения главной массой разделяются на два поселка: Северный — у Промстроя — и Южный — у Жилстроя — и центральную часть со всеми административно-общественными учреждениями, материальными базами и транспортом. В остальной же массе они разбросаны без строгой системы. В виду обширности и большой стоимости их, задержим на них внимание.

1. Итак, два поселка — Северный и Южный. Каждый из них был запроектирован, а с течением времени и построен из расчета 6000 рабочих с соответствующим техперсоналом.

Каждый из них должен быть обеспечен жильем, столовыми и магазинами, медико-санитарно-гигиеническим и культурным обслуживанием. Поэтому каждый поселок состоит из бараков со службами, столовых, прод. и проммагазинов, сети ларьков и киосков, поликлиники, бани, прачечной, парикмахерской и клуба.

Всего по строительству было построено вспомогательных сооружений :

Таблица 1

№№ п/п	Наименование сооружений	Количество
1	Жилые бараки	95
2	Конторы и конторки	21
3	Коммунальные учреждения	65
	Административно - общественные	
4	учреждения	14
5	Магазины и ларьки	12
6	Медучреждения	6
7	Склады и кладовые	34

2. В виду наличия на строительстве нескольких артелей грабарей, построены для них поселки с конюшнями, складами фуража, водопроводом и проч.

3. Для удобства выгрузки материалов были подведены ветки железнодорожной нормальной колеи к складам и на участки.

4. Была намечена к постройке и отчасти выполнена сеть мостовых по поселкам и территории работ для удобства сообщения и переброски материалов и оборудования.

5. Спроектирована и почти закончена постройка шоссе для связи с Харьковом и приняты меры к улучшению существующей мостовой.

6. Был построен и оборудован конный двор для гужевого транспорта.

7. Построен автогараж для грузовых машин и тракторов.

8. Еще в самом начале подготовительного периода была предусмотрена необходимость в кирпичном заводе. Таковой построен с производительностью 5 млн. шт. кирпича в месяц.

9. В виду частых перебоев в деле снабжения строительных пиломатериалами, возникла мысль организовать у себя резку бревен. С большими трудностями раздобыли, отремонтировали, установили и пустили в ход одну за другой четыре лесопильных рамы. Последние являются большим подспорьем, а подчас и выручают строительство. Помимо того, пиломатериалы обходятся значительно дешевле, и есть возможность использовать все отходы.

Продукция: пластины, брусья, доски, рейки и проч.

10. В виду того, что для строительства требуется весьма большое количество столярных изделий, Индустроем был построен и оборудован деревообделочный завод.

11. Предвидя большое количество бетонных и железобетонных изделий для Промстроя и Жилстроя, мы, еще в июле прош-

лого года построили и организовали бетонную мастерскую. Последняя снабжает все строительство ступенями разного рода, трубами всевозможных размеров и форм, плитами, плитками и т. п.

Кроме того, несколько позднее организован на Промстрое бетонный завод специально для заготовки крупных железобетонных сборных конструкций.

12. В виду частых перебоев, а последнее время и совершенного отсутствия на строительстве толя и войлока, мы вынуждены были организовать у себя производство толя и просмоленного картона. Последний выпускается однослойным и двухслойным.

13. В стадии организации находится устройство фибролитового завода.

14. В виду недостаточности поставляемого щебня, нами построено и оборудовано несколько камнедробильных установок.

15. Еще с самого начала работ была организована Индустроем полевая лаборатория для испытания строительных материалов, бетонных кубиков, балочек и т. п. Не приходится, конечно, говорить о значительной роли ее на строительстве. Помимо повседневных постоянных непрерывных анализов песку, испытаний цемента, кубиков и балочек либо лабораторного изготовления, либо взятых из бетономешалок на линии, лаборатория производит немало научно-исследовательской работы. Анализируя пески, щебни, гравий, их крупность, зернистость, лаборатория подбирает самые выгодные составы, проверяет их лабораторно и затем проводит в жизнь.

16. Для более рационального использования рабсилы и материалов организованы опалубный, арматурный, автогенно- и электросварочный цеха.

Заканчивая детальное знакомство с временными и подсобными строениями и сооружениями, нужно в заключение сказать, для полноты представления, что полная стоимость их свыше 7 млн. рублей. Подготовительно-организационный период затянулся слишком долго вследствие ряда причин. В виду того, что эта затяжка, естественно, отразилась на ходе стройки, необходимо осветить это обстоятельство, прибегнув, если можно так выразиться, к исторической справке.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ

Как мы уже отмечали, изготовление эскизных проектов корпусов завода было поручено Гипромезу. Последний выполнил задание к половине февраля. По этим проектам Индустроем были составлены все планы и заявки: на рабсилу, материалы, инструменты, оборудование и проч. Меж тем в первых числах апреля последовало изменение задания и сокращение кредитов,

что привело к необходимости переделать все заявки и пересоставить планы организации работ.

К концу первой декады апреля было получено новое изменение, и снова надо было все заявки и планы переделывать. Наконец, к концу апреля было получено окончательное решение ВСНХ, изменяющее все первоначальные наметки. Вначале предполагалось, что харьковский Тракторный завод должен выпускать трактор типа Катерпиллер, а по последнему решению ВСНХ предложено было спроектировать ХТЗ по проектам аналогичным сталинградскому Тракторному заводу для выпуска тракторов Интернационал.

Для перенесения опыта строительства сталинградского завода в Сталинград в конце апреля выехала специальная комиссия.

Разработка проектов была поручена по Промстрою — Главпроекту и по Жилстрою — Гипрограду. Первые чертежи выпущены были в начале мая, и тогда явилась возможность приступить к строительным работам по проходной и главной конторам и ремонтному цеху, а через несколько дней и по первому жилкомбинату Жилстрою.

Однако в средних числах мая работы вновь приостанавливаются в ожидании нового проекта завода из-за границы, и хотя примерно через неделю вновь начинают разворачиваться, но очень медленно, вследствие отсутствия в течение долгого времени окончательного генерального плана и рабочих чертежей.

Хотя к началу июля положение в отношении проектов и чертежей было выяснено, и несмотря на наличие всех предпосылок к тому, чтобы работы форсировать, они очень медленно разворачивались из-за нехватки рабочей силы. Были приняты энергичные меры для вербовки рабочей силы необходимых квалификаций. Нужно еще добавить, что к этому же времени произошла заминка с поступлением лесоматериалов и ряда других материалов, вследствие чего приходилось приостанавливать работы на временных сооружениях.

Все это отрицательно влияло на ход работ, тормозило его, а подчас грозило срывом главных сроков. В результате лучшая часть строительного сезона не была использована полностью.

В отношении проектирования нужно еще добавить, что хотя проекты по Жилстрою и части Промстрою (зданий обслуживающего значения) уже и разрабатывались, оставался все время открытым вопрос относительно производственных корпусов: применить ли металлические конструкции, как то имело место в Сталинграде, или же запроектировать, как настаивал Индустрой, железобетонные, что даст возможность сэкономить время, деньги и, в частности, валюту.

К этому времени принципиальный вопрос этот разрешился: восторжествовала точка зрения Индустрою. Было поручено разработать проект механосборочного цеха (Главпроекту) и литей-

ного цеха (Госпроектстрою). Таким образом, проектная часть вся уже была размещена и должна была спешно быть разработана и передана на линию. Однако чертежи сильно запаздывали, а подчас и задерживали строительные работы.

К тому времени были уже намечены сроки окончания цехов, исходя из срока пуска завода — 1 июля 1931 г.

В основных чертах остановились на титульном списке сооружений, приведенном в таблице 2 (стр. 14).

УПРАВЛЕНИЕ СТРОЙРАБОТАМИ

Переходя к организации строительных работ, коснемся предварительно схемы управления ими (см. черт. Не задерживая внимания на левой части схемы — управленческой, рассмотрим подробно правую — производственную.

Как я уже указывал, все строительство состоит из двух крупных частей:

- 1) промышленного строительства,
- 2) жилищного строительства.

Промстрой (см. черт.) охватывает всю территорию будущего завода со всеми корпусами, как производственного, так и вспомогательного, служебного значения.

Сюда входит и электротеплоцентральный, назначение которой снабжать электрической и тепловой энергией не только завод, но также и кварталы будущего города.

Жилстрой (см. черт.) призван воздвигать корпуса кварталы, долженствующие в конечном счете составить социалистический город „Новый Харьков“.

На предлагаемой схеме как Промстрой, так и Жилстрой распадается на два участка. Однако нужно оговориться, что подобное разделение стало совершившимся фактом только в феврале 1931 г., когда по ряду объектов стройработы выполнены были больше чем на 75% и, следовательно, явилась возможность участки укрупнить. До этого же на Промстрое было шесть, а на Жилстрое — пять участков. Во главе каждого участка стоял производитель работ с соответствующим штатом. Во главе каждой из частей строительства, в виду большого масштаба и объема работ, был старший прораб, координирующий, направляющий и инструктирующий прорабов. Технической главой всей стройорганизации на строительстве — главный инженер, подчиненный начальнику работ второго района Индустроя.

Таким образом, проведение укрупнения участков дало возможность уплотнить несколько работу на участках и вследствие этого освободить и передвинуть на более слабые места ряд инженерно-технических работников.

Таблица 2

№№ п/п	Название единиц	Кубатура в м ³	Стоим. в руб.	Срок окончан.
1	Ремонтно - механический цех	45.500	525.000	1 мая
2	Механо - сборочный цех	382.800	4.100.000	15 мая
3	Литейный цех	295.000	2.900.000	1 июня
4	Кузнечный (со складом)	170.500	2.086.000	1 июня
5	Деревообделочный	18.800	200.000	1 июля
6	Теплоэлектроцентраль и проч.	104.000	1.885.000	1 августа
7	Лаборатория	18.800	275.000	1 мая
8	Главная контора	63.800	1.200.000	15 мая
9	Проходная „	6.800	133.000	1 мая
10	Пожарное депо и гараж	10.800	175.000	1 июля
11	Склад жидкого топлива	—	435.000	—
12	ФЗУ	71.500	1.280.000	20 июня
13	Тоннели заводские	—	650.000	—
14	Депо для паровозов	5.400	90.000	—
15	Склад и сушка леса	7.500	65.000	—
16	Склад угля	5.000	45.000	—
17	Бетонные дороги	46.000	400.000	—
18	Асфальт, тротуары, забор и пр.	—	290.000	—
19	Жилкомплекс № 1	233.880	4.350.000	25 марта — 1 июля
20	„ № 5	231.250	4.330.000	1 июля — 5 августа
21	„ № 4	221.160	4.150.000	15 августа — 1 октября
22	„ № 2	221.160	4.150.000	—
23	„ № 3	221.160	4.150.000	—
24	ФЗС	63.000	1.550.000	—
25	Больница	130.000	4.550.000	—
26	Кино	—	300.000	—
27	Фабрика - кухня	60.000	2.600.000	—
28	Тоннели города	—	740.000	—

Что касается самой организации строительных работ, то необходимо обратить внимание на три основных момента, которые красной нитью проходили на протяжении всех работ.

Первый момент — централизация, объединение работ массового характера по принципу строительных дворов, нашедшему у нас большое применение. С этой целью у нас организованы деревообделочный завод, бетонитовый и бетонный заводы, опалубный и арматурные цеха, камнедробильные заводы, автогенные, стекольные, штукатурные бригады, заготовка соломенных матов, толя и пр.

Вторая характерная черта строительства ХТЗ — максимальная механизация работ. За редкими исключениями, производства всех работ, начиная с земляных и кончая отделочными, все были механизированы. Выписаны и получены из отечественных источников и из-за границы самые разнообразные машины и оборудование: экскаватор (наряду с ним и плуги), канавокопатель, катки, раствора- и бетономешалки, станки для резки и гнутья арматуры для железобетонных работ, камнедробилки, всевозможные станки для обработки металла и дерева, машины для производства штукатурных и малярных работ, транспортеры, автогрузомашин, мотовозы, вагонетки, узкоколейки, а также в большом масштабе транспорт нормальной колеи, котлы, локомобили, насосы, электромоторы; выписан из Германии и впервые в СССР пущен в работу Баукрафт.

Третьей основной чертой является разделение труда, стремление расчленив каждую работу на ряд простых приемов; это давало возможность более рационально использовать квалифицированную рабочую силу, и даже в некоторой части заменить ее чернорабочими. Применение этого принципа можно видеть в опалубном и арматурном цехах, на деревообделочном, бетонном и бетонитовом заводах, у бригад штукатуров, стекольщиков и проч.

Более детально все эти моменты будут освещены в специальной статье о рационализации производственных процессов, а потому более подробно останавливаться на этом вопросе здесь не будем.

Нужно упомянуть еще об одном методе, применявшемся нами и завоевавшем себе место на ряде других строек: методе одновременного, параллельного ведения на строительной единице всех видов работ. Так, вслед за каменной кладкой, продолжающейся в следующем этаже, внизу приступают к устройству перекрытий, штукатурным и сантехработам. Столярные же работы и подготовительные работы для перечисленных производятся заблаговременно одновременно с кладкой. Таким образом достигался значительный выигрыш в темпах стройки отдельных объектов.

В заключение нужно сказать, что, несмотря на все трудности, задержки и препятствия, весьма часто имевшие место на стро-

ительстве, до сих пор они, за исключением отсутствия строительных материалов, преодолевались нами только благодаря нашей организации работ.

Если вспомнить приведенный выше факт потери лучшей части строительного сезона без возможности приступить к основным работам; если учесть тот необычайный кризис в снабжении рабочей силой, который строительству пришлось перенести в самый разгар сезона, когда казалось, что не только отдельные сроки, но и само строительство сорвано в этом году; если взвесить весьма важное обстоятельство нехватки на строительстве среднего и особенно младшего техперсонала; если учесть большие затруднения вследствие серьезных задержек в поступлении самых ходовых строительных материалов; если, несмотря на все эти колоссальные препятствия, мы все же сумели выйти в смысле сроков почти без запозданий, имея уверенность в окончании всей стройки к сроку, — мы лишний раз можем убедиться в том, как велика сила многотысячной коллективной воли, непоколебимо устремленной к единой цели — во что бы то ни стало построить завод в срок.

ЗИМНИЕ РАБОТЫ НА ХАРЬКОВСКОМ ТРАКТОРО-СТРОЕ

К 1 октября 1930 г. строительство Тракторного завода пошло с крупным прорывом. Перед Индустроем, выполнявшим строительные работы как в части промышленного, так и жилищного секторов, независимо от общей установки, данной партией и советской властью — о переходе к непрерывному производству в строительной промышленности, во весь рост встал вопрос о полном использовании зимних месяцев, дабы не только не сокращать работы с наступлением зимы, но, наоборот, разворачивать их из месяца в месяц. Только при этом условии возможно было закончить постройку тракторного гиганта в срок.

Работы должны были быть выполнены с таким расчетом, чтобы управление строительства смогло производить монтаж оборудования по мере его поступления параллельно с чисто строительными работами по сооружению зданий.

Эти предпосылки явились основой, на базе которой проработан был Индустроем первоначальный план проведения строительных работ в зимнее время.

К моменту наступления морозов отдельные сооружения, как по Жилстрой, так и по Промстрой, должны были оказаться (и фактически оказались) в одном из следующих положений:

- 1) здания с законченной кладкой наружных стен;
- 2) здания с незаконченной кладкой таких стен;
- 3) здания совершенно не начатые.

Для каждого из этих трех типов проработан был способ производства работ.

ЖИЛСТРОЙ

На первом и пятом жилкомбинатах, включающих по 10 отдельных зданий, кирпичная кладка была, в основном, закончена полностью до наступления морозов; часть зданий покрыта кровлей, и не представлялось затруднений, без особых приспособлений, закончить покрытие остальных корпусов, установить окна с остеклением и двери.

112128 158769

Второй и четвертый жилкомбинаты — с таким же количеством зданий в каждом, как и в предыдущих. Фундаменты и цоколя здесь в большей своей части были закончены до морозов. Оставшаяся незначительная часть должна была заканчиваться в легких, разборных, переносного типа тепляках (см. чертеж¹⁾).

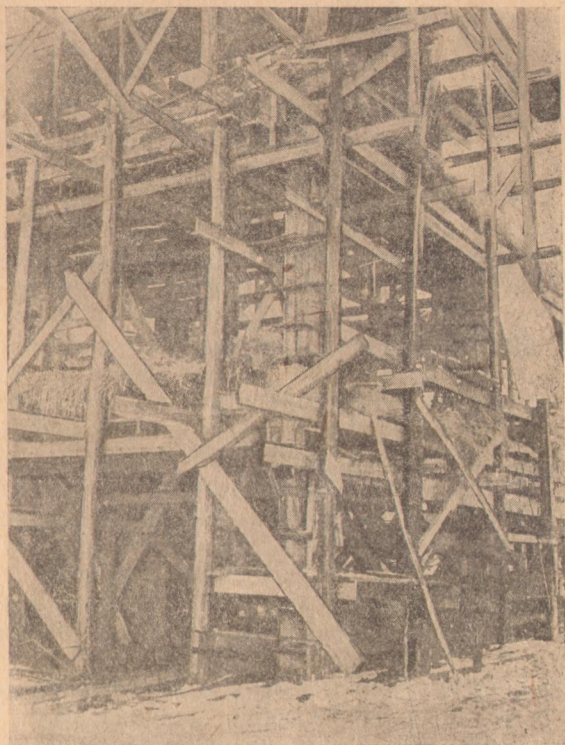


Рис. 1. Угол склада земли литейного цеха. Железобетонные балки укрыты соломенными матами

Отопление в этих тепляках должно было производиться помощью переносных железных печей. Помимо того, на этих двух жилкомбинатах решено было продолжить и углубить опыт Индустроя по постройке жилых зданий в зимнее время помощью так называемого ползучего тепляка (см. черт.). Этот способ, разработанный Индустроем, впервые был применен последним в зиму 1929-30 г. при постройке жилого четырехэтажного дома на Пушкинском в'езде в Харькове. Указанный дом удалось выполнить при весьма незначительном удорожании стоимости постройки,

¹⁾ Все чертежи помещены в конце книги.

ПРОМСТРОИ

Ф.З.У. Кирпичная кладка была закончена до морозов, здание решено было заканчивать в зимний период способом, указанным для Жилстроя.

Пожарное депо. Осталась не забетонированная железобетонная конструкция. Решено было обшить по наружным

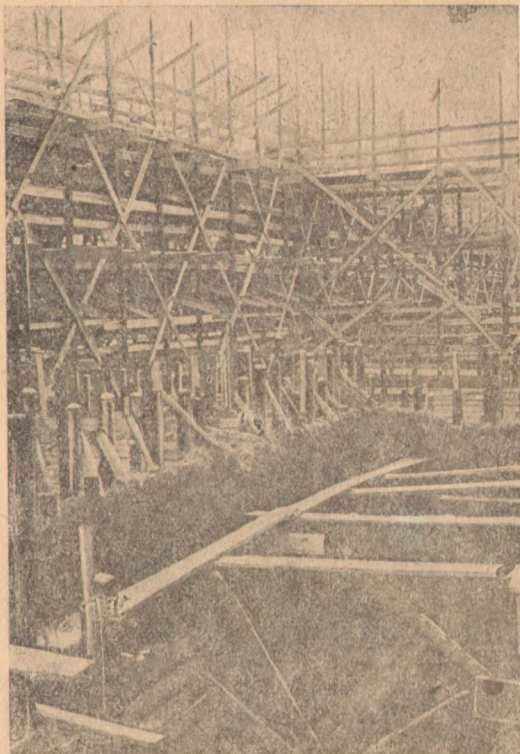


Рис. 2. Обшитая соломёнными матами опалубка. Маты покрыты раствором из глины для огнезащиты

стойкам коренные леса под опалубку — для получения дешевого тепляка. Отопление должно было производиться переносными железными печками.

Деревообделочный цех. Имеющиеся железобетонные конструкции, которые не были забетонированы до наступления морозов, решено было, в силу особого расположения стоек, забетонировать по способу Харитонова, т. е. с оставлением их

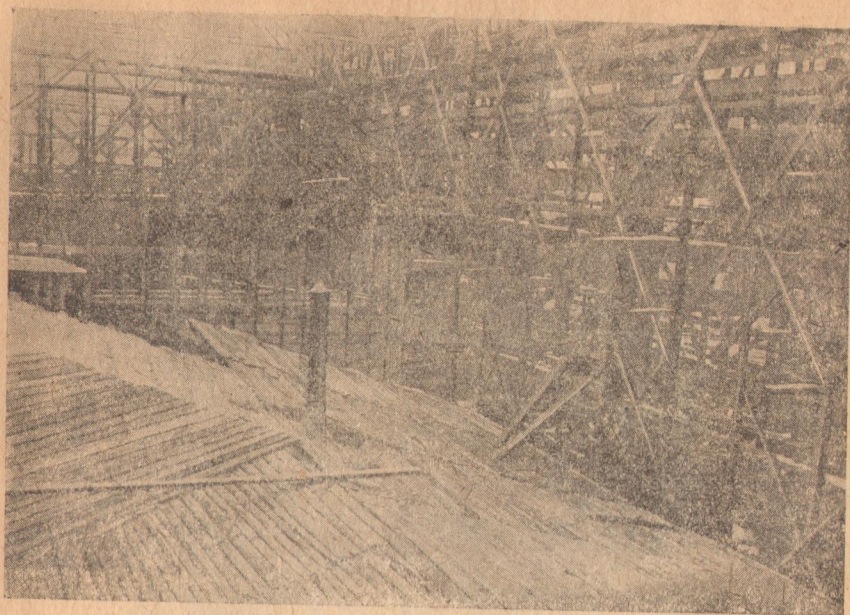


Рис. 3. Отопленная котельная, в которой были размещены бетономешалки в литейном цеху

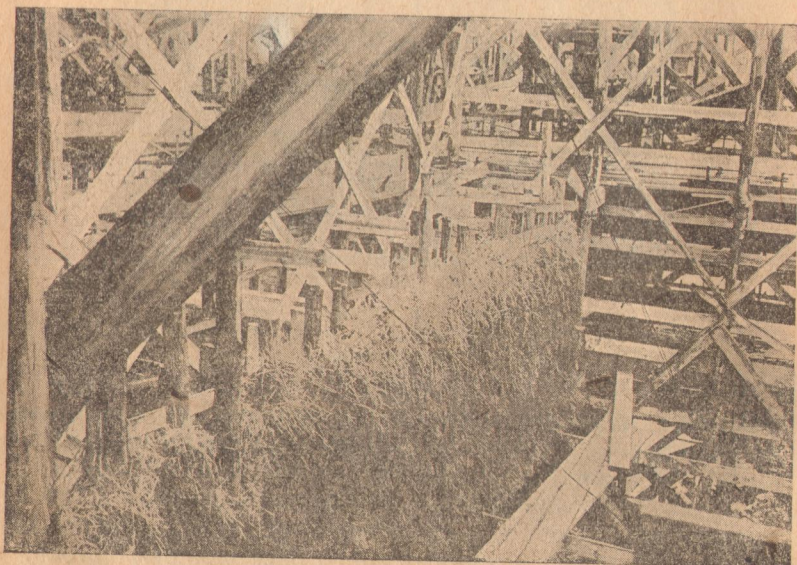


Рис. 4. Обитые соломенными матами бункера литейного цеха

в нераспалубленном виде до весны. Такой способ мог быть допущен вследствие того, что стойки под опалубкой, расположенные в оконных проемах и дверях, не загромождали внутреннее

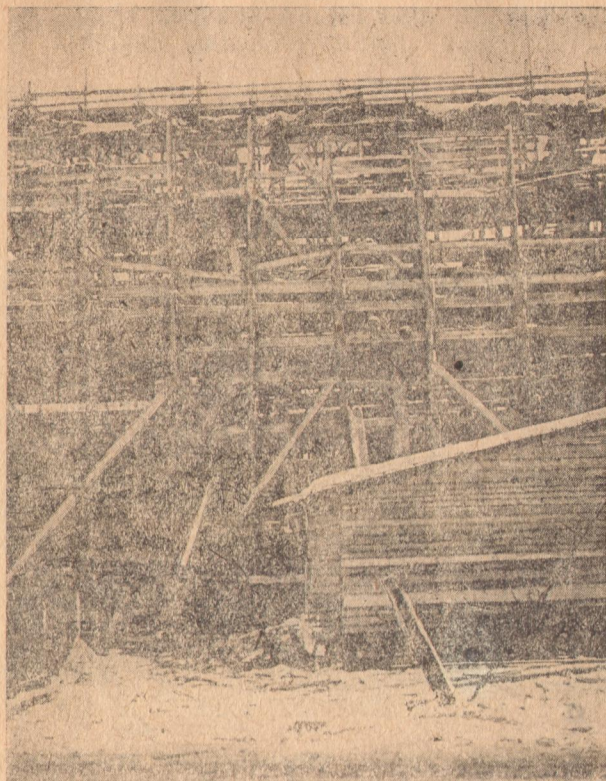


Рис. 5. Покрытые соломой отдельные конструкции
литейного цеха

помещение здания и, следовательно, не препятствовали (по возведению крыши, зашивке щитами оконных проемов с оставлением небольших окошек для освещения) производству внутренних работ, а равно и монтажу оборудования цеха. Часть остающейся кирпичной кладки подлежала окончанию на морозе на цементном растворе с добавлением соли или хлористого кальция.

Склад материалов при кузнечном цехе. Работу предполагали произвести порядком, указанным для деревообделочного цеха. Бытовые при кузнечном цехе, кирпичная кладка которых была закончена, находились в положении жилдомов первого и пятого жилкомбинатов и подлежали окончанию тем же порядком.

Механо-сборочный цех. До наступления морозов железобетонный каркас и наружные стены были закончены. Опалубка снята. Приступлено было к установке железных фонарей и к покрытию крыши. Заготовка оконных переплетов и дверей в большей своей части тоже была закончена. Предполагали приступить к бетонировке полов, площадь каковых составляет

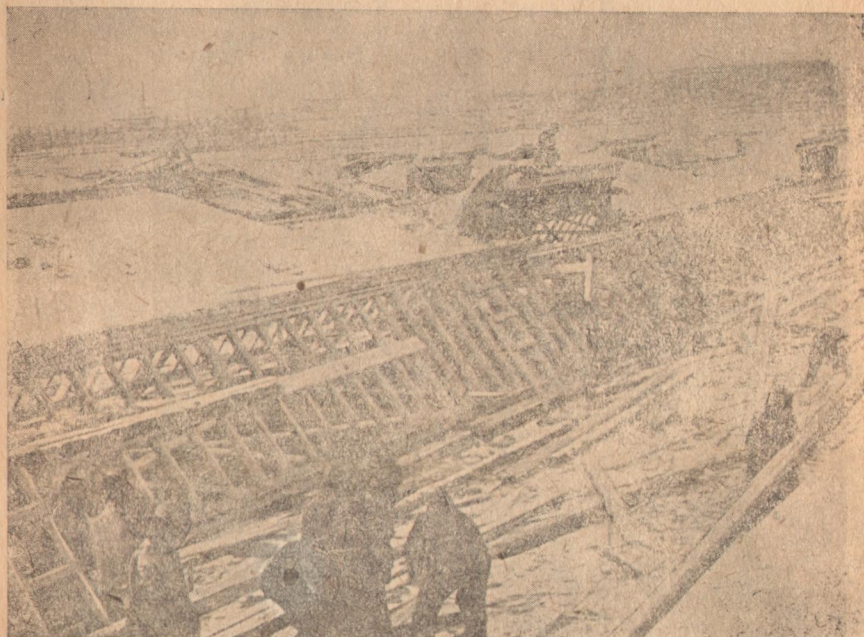


Рис. 6. Работы по устройству крыши инструментального цеха в декабре 1930 г.

50.000 м². Кладку предполагали производить из подогретых материалов, с последующим закрытием соломитовыми матами и камышитовыми цыновками.

Электростанция. Поскольку только в ноябре месяце приступлено было к земляным работам и в то время не имелось еще полного комплекта рабочих чертежей, решено было работы производить в настоящем тепляке, с тем отступлением, что основой для тепляка должны были послужить коренные леса под опалубку внешнего периметра. Для отопления тепляка предполагали использовать временную котельную, которую ХТЗ строил для отопления цехов.

Литейный цех. Это было критическое место нашего строительства. Позднее поступление чертежей, вызвавшее задержку в приступе к постройке этого цеха, привело к тому, что,

несмотря на принятые героические меры, на объявленный штурм им. Перекопа, бетонные работы не были закончены до наступления морозов. Исключительно большие размеры этого здания и сложная его конструкция исключили возможность применения тепляка настоящего типа. Поэтому решено было бетонировать:

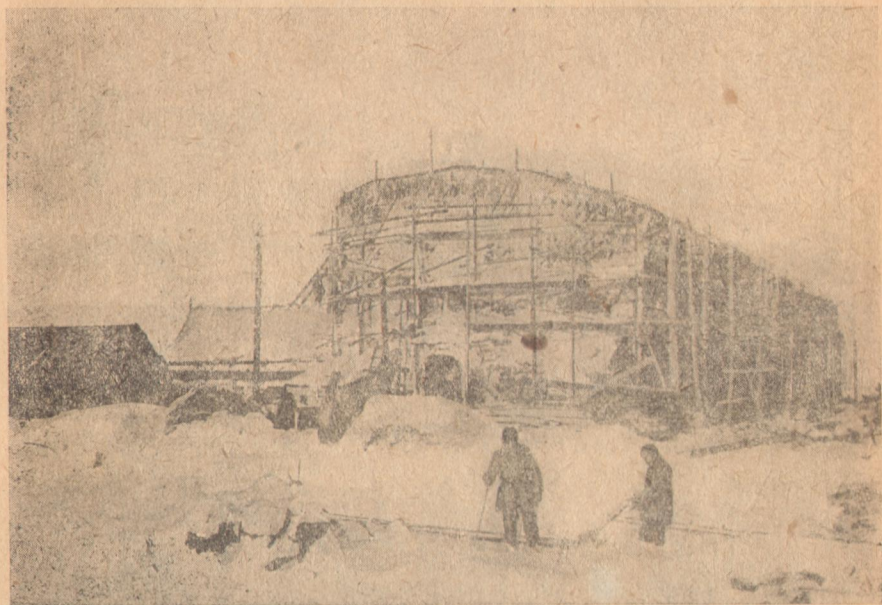


Рис. 7. Тепляк распредустройств электротеплоцентрали

1. Песочницы, путем покрытия сверху легкой крышей и обогрева внутреннего помещения переносными печками и частично паром.

2. Ваграночные. Поскольку в них должно быть установлено сложное оборудование, требующее значительного количества времени, они должны были быть закончены в наиболее короткий срок.

Внутреннее очертание позволяло выделить эти отделения в небольшие тепляки, помощью обшивки по стойкам коренных лесов и покрытия досками и толем.

Отопление предполагено было выполнить помощью парового отопления от локомотива. Что касается отдельных элементов железобетонного каркаса, оставшихся незаконченными в разных частях литейного цеха, каковое обстоятельство не давало возможности вести дальнейшие работы и закончить здание в целом, то в отношении их окончательного решения, каким способом

вести их бетонировку, не имелось. Способы Харитонов и инженера Гинзбурга исключались, поскольку железобетонная конструкция должна была быть не только забетонирована, но и распалублена в течение зимы. Тогда уже поступили предложения главного инженера Индустроя г. Барсукова, применить способ

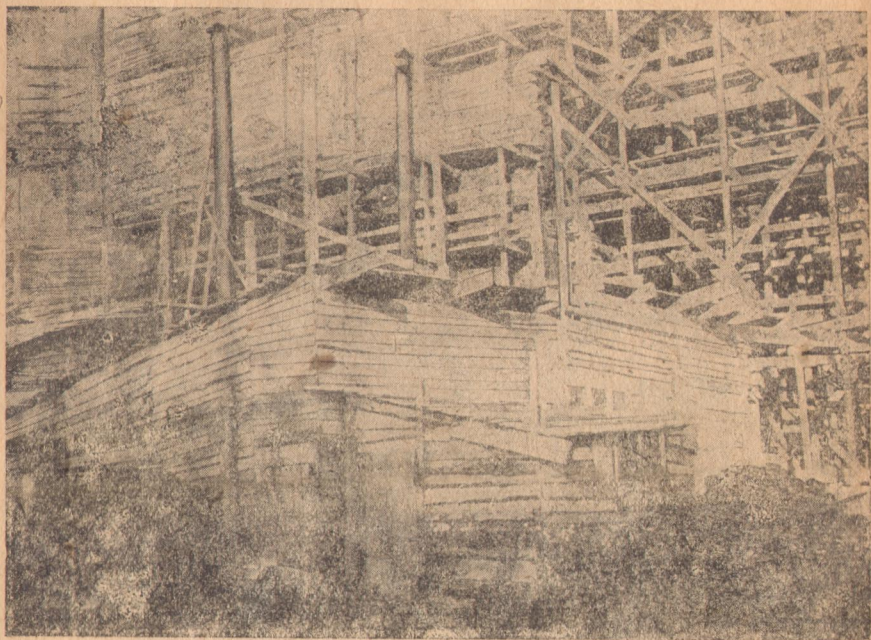


Рис. 8. Котельная установка на литейном цехе

теплячков для отдельных элементов железобетонной конструкции, как колонны и балки, с отоплением паром — и инженера Малеева — прогрев бетона помощью пара, пропускаемого через газовую трубу, закладываемую в железобетонный элемент. Но способы эти требовали проверки и испытания.

В ноябре 1930 г. был объявлен конкурс на лучшие способы производства работ по литейному цеху и электротеплоцентрали и на лучший разборный тепляк для кладки фундамента и цоколей зданий и кладки заборов.

В порядке этого конкурса поступило несколько предложений, из которых были премированы: 1) инженера Барсукова П. Т. „Паровая баня“ при производстве железобетонных работ на морозе; 2) его же переносный, разборный тепляк для фундаментов и цоколей; 3) инженера Малеева Я. Ф. — проект тепляка для электротеплоцентрали и 4) десятника Шептухина — проект легкого тепляка для кладки кирпичных заборов.

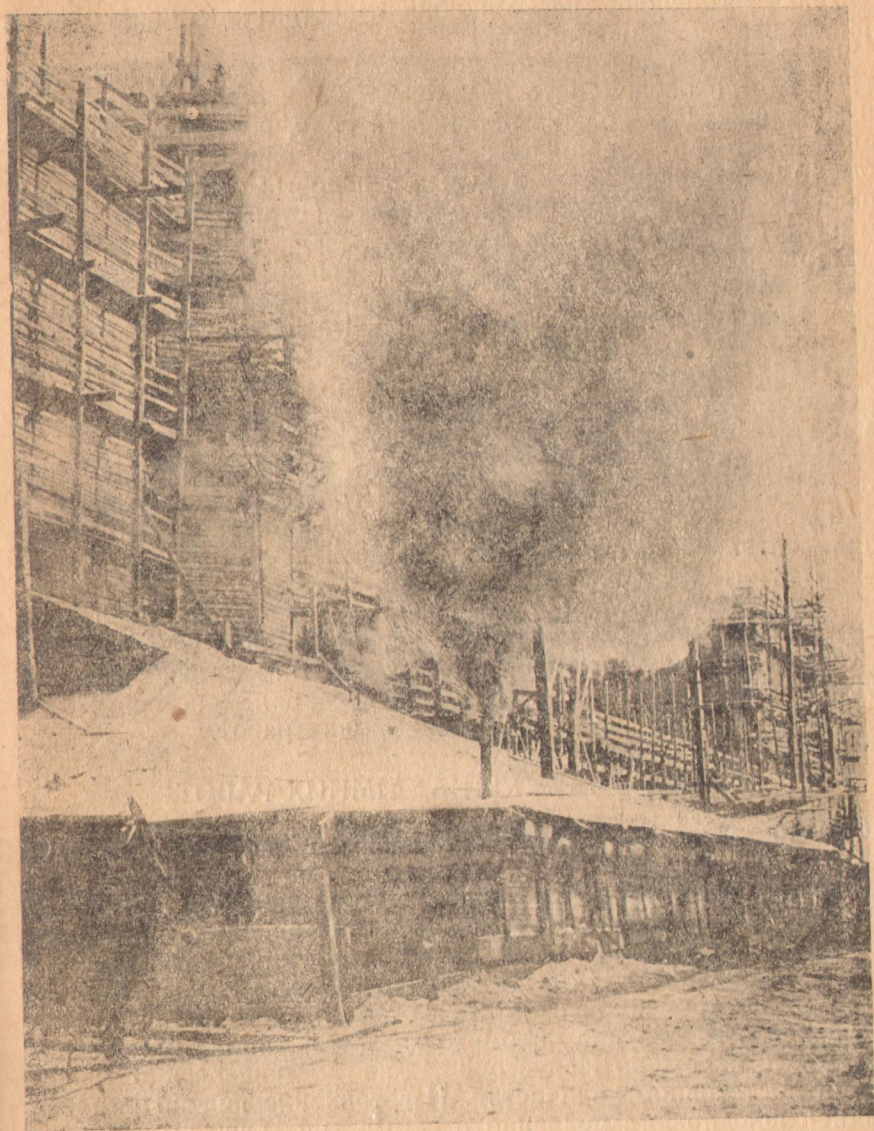


Рис. 9. Тепляк ваграночного отделения литейного цеха и бетонный завод при нем

Параллельно с разработкой намеченных выше способов выполнения работ в зимнее время, велась проработка вопросов обогрева материалов, песка, щебня, извести, воды, необходимых при работах в зимнее время.

Дабы иметь в достаточном количестве теплую воду для работ, решено было осуществить предложение технорука отдела механизации инж. Розенблюма обогревать воду, поступающую непосредственно из водопровода, помощью системы радиаторов, обычно применяющихся в водяных и паровых отоплении, обмурованных в кирпичную кладку с очагом, отапливаемым древесными остатками или углем (см. черт.).

Производство необходимых при зимних работах соломитовых матов налажено было Индустроём непосредственно на строительстве. Иного рода теплительные материалы, как, напр., тростниковые циновки, толь, войлок, заказаны были отделу снабжения ХТЗ в сентябре и октябре месяцах 1930 г.

Переносные печки с трубами, которых требовалось около 1500 шт., заказаны были Промвентиляции.

Отопление ремонтного цеха, механо-сборочного цеха, проходных, опытного цеха, главной конторы и лаборатории, а равно домов первого жилкомбината, до момента пуска в ход котельной электроцентрали ХТЗ — наметили 3 мощные временные котельные установки (по 10 котлов в каждой). От этих котельных мы предполагали получить пар для отопления тепляков электроцентрали и для работ на литейном цехе.

Котельные эти должны были быть пущены в ноябре и декабре месяцах 1930 г. (последняя — 5 декабря).

Таков был первоначальный план зимних работ.

ВЫПОЛНЕНИЕ ПЛАНА ЗИМНИХ РАБОТ

Однако жизнь внесла ряд изменений и отклонений в этот план.

Прежде всего, отдел снабжения ХТЗ не придавал достаточно серьезного значения нашим заявкам на материалы и оборудование, необходимые для зимних работ. Локомобили своевременно доставлены не были; тростниковые циновки, толь, войлок, брезенты своевременно не были заготовлены. Мало того, даже солома для изготовления соломитовых матов, производство которых было налажено Индустроём, — не доставлялась в маломальски достаточном количестве. Изготовление печей Промвентиляцией шло крайне медленно и самый тип печей был выбран крайне неудачно.

Все это, а равно недостаточное внимание со стороны участкового техперсонала и работников механизации к вопросу подготовки к зиме, привело к тому, что первые морозы (18 ноября 1930 г.) застигли нас неподготовленными. Это обстоятель-

ство вызвало растерянность среди персонала, при чем не все из них сумели достаточно быстро применить хотя бы примитивные меры, обеспечивающие возможность работ. Но, с другой стороны, первая полоса морозов (с 18 по 22 ноября 1930 г.) явилась грозным предупреждением, и последующий период оттепели с 22 ноября по 1 декабря прошлого года был интенсивно

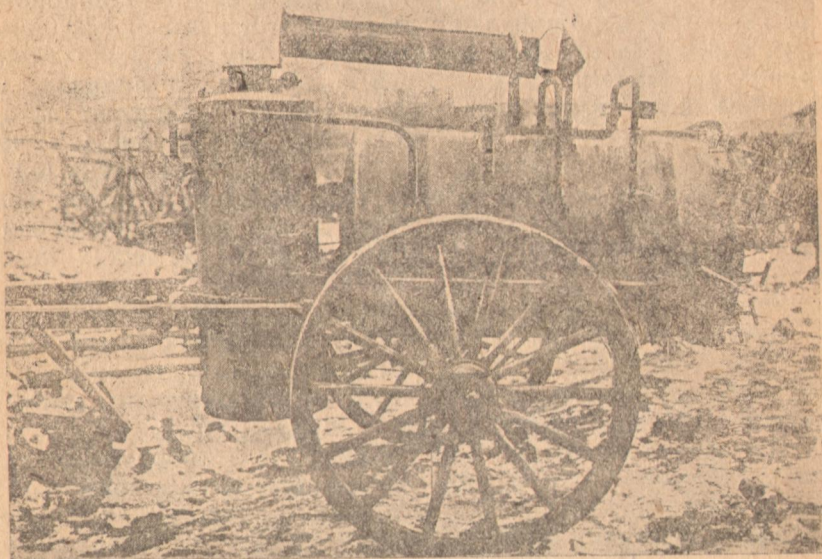


Рис. 10. Дезинфектор Сакса — применялся для питания паром фундаментов под молота на кузнечном цехе

использован в смысле отопления установок и устройства приспособлений или обогрева воды и прочее.

При этом, за неимением других обогревающих материалов, пришлось широко применять соломенные маты, несмотря на опасность их в пожарном отношении. Эти же морозы заставили и отдел снабжения Тракторостроя зашевелиться. Начали поступать первые локомобили, хотя, как правило, неисправные, требующие солидного ремонта.

Крайнее замедление управлением Строительства постройки временных котельных; отсутствие в этих котельных котлов с более или менее высоким давлением (от 3 до 5 атмосфер) и крайне несвоевременное и недостаточное снабжение нас локомобилиями, притом весьма плохого качества (сельскохозяйственных работ), постоянно портившимися, а зачастую совсем

непригодными, — привели к тому, что нельзя было взять основной установки на пар при железобетонных работах, как то намечалось раньше, а пришлось комбинировать, изыскивая и применяя разнообразные способы.

В результате зимние работы на строительстве харьковского Тракторного завода сложились так:

ЖИЛСТРОЙ

В ноябре месяце была утеплена вся временная водопроводная сеть. Растворомешалки установлены в подвальных помещениях жилдомов (первый жилкомбинат). Там же были сконцентрированы запасы песка, извести, алебаstra. В подвалах установлены были временные переносные печи. Сделано было две установки для нагрева воды типа инж. Розенблюма (см. черт.). Сделаны были специальные печи для подогрева песка (на первом и четвертому жилкомбинатах). В остальных местах вода и песок подогревались в вагонетках и на листах котельного железа, уложенных по кирпичным столбикам (в местах незначительного расхода этих материалов).

Работы на Жилстрое проводились следующие:

Четвертый жилкомбинат. Закончена была кладка фундаментов домов, в разборных переносных тепляках и возводилась кирпичная кладка двух четырехэтажных домов помощью ползуних тепляков (способ Индустроя, см. черт.).

Пятый жилкомбинат. Работы в декабре были совершенно свернуты, а в январе начали разварачиваться, в части покрытия крыш, устройства внутренних перегородок, подшивки потолков, настилки полов и установки оконных переплетов и дверей.

Окончание кирпичной кладки на отдельных объектах Жилстроя, при небольшой высоте остающейся кладки, велось на морозе, на открытом воздухе с подогревом песка, воды и кирпича до температуры — 8°C на цементном растворе. При температуре ниже -8°C в раствор добавлялась поваренная соль, а с получением хлористого кальция — с добавлением в раствор хлористого кальция.

ПОЖАРНОЕ ДЕПО

Железобетонные конструкции — колонны, балки и перекрытия — были выполнены в тепляке упрощенного типа, полученного путем обшивки внешних коренных лесов под железобетонную конструкцию дюймовыми досками с обкладкою соломёнными матами. Бетонировка велась на горячей воде из подогретых материалов. Отопление достигалось частично установленными железными временками, а частично паром, которым пропаривалась опалубка перекрытий помощью шланг.

Кроме того, по окончании бетонирования, в течение 10 дней паром заполнялось внутреннее помещение тепляка, работа обслуживалась водогрейной установкой типа Розенблюма (см. выше) и локобилем с поверхностью нагрева 12 м^2 . Через 12 дней после окончания бетонировки обшивка тепляка была разобрана.

ПРОМСТРОИТЕЛЬСТВО

Механо-сборочный корпус. Предполагалось в декабре забетонировать весь железобетонный пол этого корпуса с поверхностью равной около 50.000 м^2 и общей кубатурой около 8000 м^3 .

Для этой цели была оборудована мощная установка из трех бетономешалок в восточном торце корпуса, с двумя установками типа инж. Розенблюма при них. Такая же установка намечалась в западном торце корпуса. Однако запоздание доставки нам локобилей привело к тому, что пол был забетонирован только в части инструментального цеха (восточная часть механо-сборочного цеха), поскольку этот цех необходимо было закончить к 1 января 1931 года в таком виде, чтобы можно было установить станки. Бетонировка велась на горячей (до 70°Ц) воде без обогрева материалов в первые дни, а затем, когда был доставлен небольшой локобил, — подогревался щебень паром и отогревалась земля. По мере бетонирования пол укрывался камышитовыми матами, и так как этих матов было недостаточно, то пол выдерживался под ними только два дня, а затем маты переносились на другие участки, а раскрытые участки засыпались слоем опилок. Пол местами успел схватиться и приобрести некоторую прочность, а местами промерз. Отдельные участки были затем покрыты брезентами по кобылкам, и под брезенты пропускался пар, посредством шланг от неисправного паровоза, который предоставлен нам был ХТЗ недели на две.

Бетонировка пола в остальной части механо-сборочного корпуса отпала, поскольку отсутствовала достаточная паровая установка. По плану намечалось отогревать промерзшую землю паром, пускаемым под брезент: бетонировку вести из подогреваемых материалов и, по мере бетонировки отдельных участков, покрывать их брезентами и пускать под последние пар в течение двух-трех дней.

Кирпичная кладка внутренних стен в корпусе велась в течение всей зимы на открытом воздухе, с подогревом материалов.

Штукатурные работы в бытовых помещениях при инструментальном цехе и бетонирование там же шлако-бетонных перегородок выполнено в условиях отопления железными временками. Покраска оконных переплетов и частично подшивка потолка производилась нитрокрасками на морозе. Предварительный этот

опыт указывает на возможность производить малярные работы нитрокрасками на морозе, при условии безусловной сухости окрашиваемой поверхности.

Далее, было совершенно необходимо перекрыть инструментальный цех руберойдом, независимо от погоды (в феврале), — поскольку этот цех должен был быть оборудован и пущен в ход

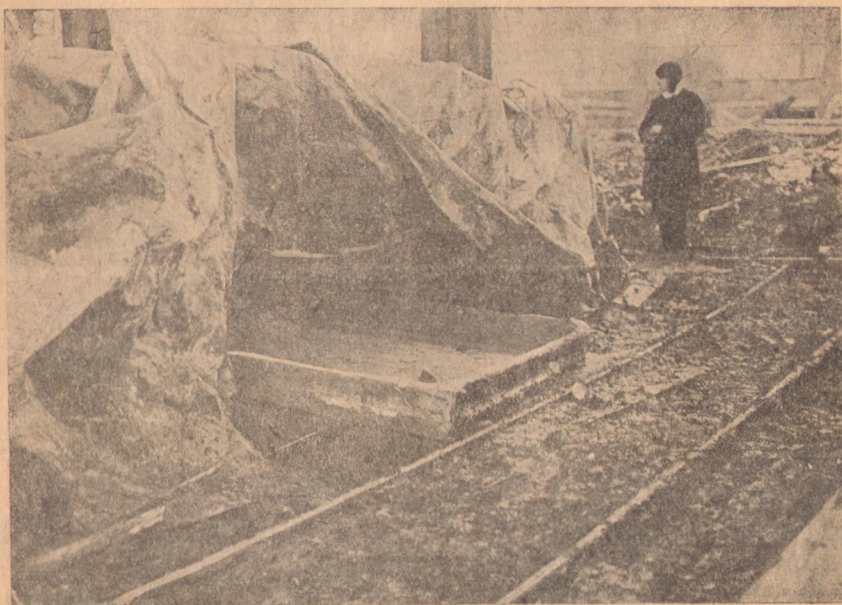


Рис. 11. Теплячок в кузнечном цеху, под брезентом рештак для приема бетона

к весне 1931 года. Работа эта была выполнена частично в виде опыта при крайне неблагоприятных условиях, при температуре до -10°C , при сильных ветрах. Толь и руберойд, подлежащие укладке, предварительно выдерживались несколько дней в специально оборудованном, отепляемом времянками, помещении. Клебемасса разогревалась в вагонетках, обмурованных в очагах, и в горячем виде подавалась на место работ.

„Кровлестрой“ — наш контр-агент — проводил эту работу крайне неохотно, под сильным нажимом. Результаты гадательны, но, повторяю, крыть было необходимо, — иначе при оттепелях цех заливался бы водою через крышу и нельзя было бы производить оштукатурку бытовых помещений и работать в цеху.

В механо-сборочном корпусе был также испытан способ отогрева земли помощью пара, пускаемого под брезент при копке

траншей под канализацию и электропроводки. Эффект получен весьма хороший. В течение 5—10 минут грунт отогревался на глубину $1\frac{1}{2}$ м.

Пар применялся также для обогрева мест заделки цементным раствором на морозе анкеров — укрепляющих металлические све-

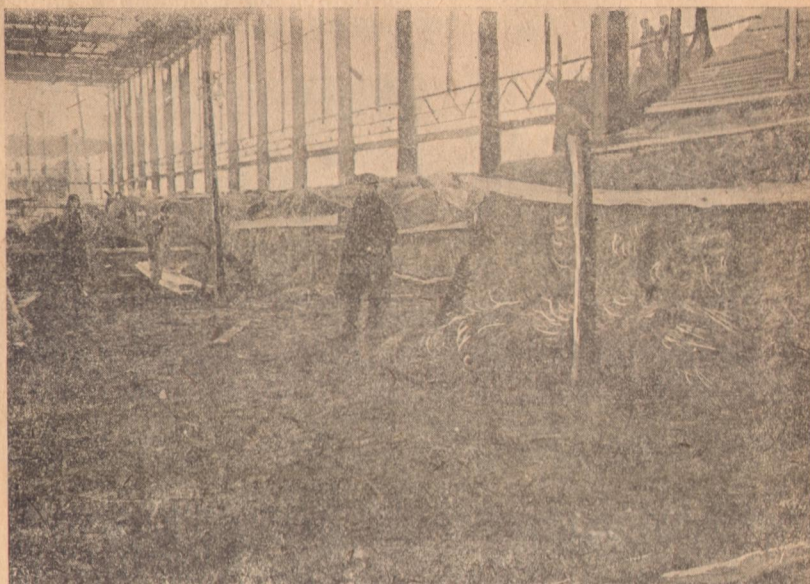


Рис. 12. Теплячки над фундаментами под молота в кузнечном цеху, обитые соломенными матами

товые фонари механо-сборочного цеха на железобетонном каркасе крыши.

Литейный цех — самое неудобное по своей конструкции, контурам и размерам для производства железобетонных работ в зимнее время сооружение.

Задержка проектирования его Госпроектстроем привела к тому, что, несмотря на все усилия, работы в значительной своей части вошли в зиму. Речи о постройке одного общего грандиозного тепляка не могло быть. Поэтому пришлось прибегнуть к комбинированным способам, при чем основной упор был сделан на широкое использование пара.

Осенью 1930 г. для этого нами намечалась специальная временная котельная. Однако ХТЗ решил не строить отдельной котельной, с тем, чтобы дать пар от временной котельной (№ 2) у электротеплоцентрали. Постройка этой котельной и ее оборудование настолько затянулись, что пущена она была в ход

только в середине февраля 31 г. Ожидать мы, конечно, не могли и ограничились полученными через отдел снабжения ХТЗ — тремя локомотивами с поверхностью нагрева (общей) около 45 м, весьма поддержанными и часто портившимися, так что в работе редко находилось более двух из них.

Недостаток пара частично восполнялся времянками и жаровнями с коксом. В частности, песочницы, представляющие собой

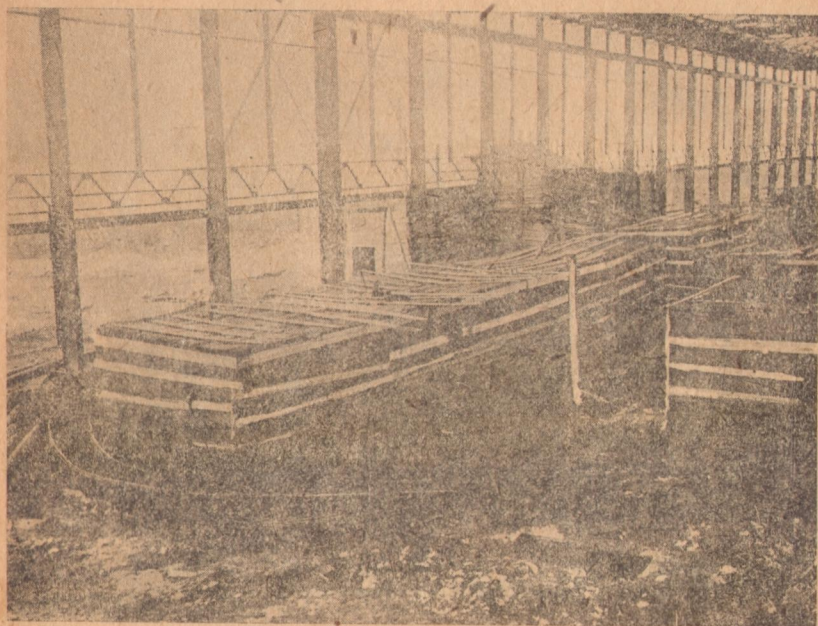


Рис. 13. Теплячки над фундаментами под молота в кузнечном цеху, обшитые толем

железобетонные короба (бункера), частично опущенные ниже поверхности земли, — были обложены по опалубке стенок соломенными матами по доскам, прикрепленным на ребро к опалубке, для образования воздушных прослоек между матами и опалубкой. Сверху песочницы временно были покрыты досками и матами.

Бетонирование велось на горячей воде (установка инж. Розенблюма) и подогреваемом щебне и песке. Подогрев их производился помощью пара, как в штабелях, так и непосредственно в тачках, путем непосредственной отдачи теплоты паром материалам. Наконечник из газовой трубки, соединенный со шлангой, вводился в массу песка или щебня. Бетон укладывался в дело с температурой $5 + 12^{\circ} \text{Ц}$. По окончании бетонирования от-

дельных песочниц, во внутреннее помещение их пускался свободно в течение нескольких дней пар. Пар таким образом прогревал пол и боковые стенки песочниц изнутри. Снаружи утепление осуществлялось указанной выше изолирующей рубашкой из воздушного прослойка и матов (по опалубке).

Ваграночные (две). По коренным лесам внешнего контура была сделана обшивка досками для образования легких тепляков.

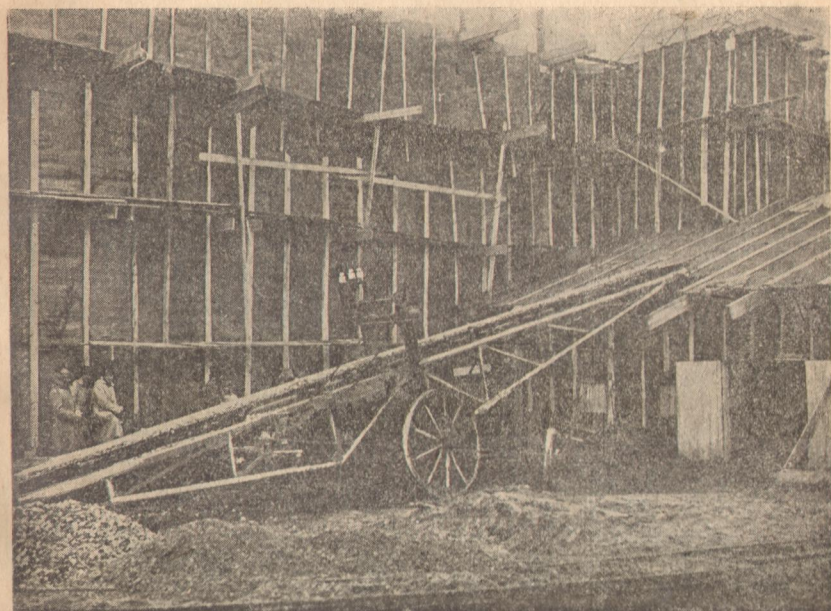


Рис. 14. Подача транспортером щебня в тепляк бункерного отделения теплоэлектроцентрали

Стенки были обложены соломенными матами, облитыми, в целях пожарной безопасности, размешанной в воде глиной. Таким же образом было сделано временное покрытие. Бетонировка велась из материалов, подогревавшихся так же, как и в песочницах. Для обогрева бетона в колоннах внутри тепляков устанавливались жаровни с коксом, а при бетонировании междуэтажных перекрытий применен был способ „Паровой бани“ (инж. Барсукова П. Т.).

Для этого уложенный бетон прикрывался матами по доскам на ребро или специальным кобылкам для образования воздушной прослойки между матами и бетоном и в эту прослойку пускался, посредством шланги, пар — в течение четырех-пяти дней. В одной из вагранок, когда снабжение коксом прекратилось,

было проведено паровое отопление из ребристых труб от у-
занных выше локомотивов. Ваграночные были распалублены
феврале. Бетонирование компрессорной, подвального помеще-
в бытовых литейного цеха и кирпичная кладка трансформат-
ной будки выполнялись так же путем обшивки по лесам дос-
ми с обкладкой матами. Бетонирование велось из подогрет
материалов с обогревом теплячков паровым отоплением из р-
ристых труб — паром от локомотивов. Фундаменты под моло



Рис. 15. Тепляк над бункерным отделением теплоэлектроцентрали

траншеи под транспортеры (ниже уровня земли) — выполне-
помощью легких теплячков, в виде ящиков, с обогревом внут-
железными временками. Рандбалки бетонировались из подог-
тых материалов, при чем перед укладкой бетона опалубка и
матура тщательно пропаривались помощью шланги и прогр-
лись, а вслед за укладкой бетон укрывался соломенными м-
ми. Никакого дополнительного отопления не делалось. Эта
бота производилась при наружной температуре до -8°C .

Ряд колонн и балок между ваграночными был цели-
предоставлен, по распо ряжению начальника строительс-
для проведения опыта бетонирования на морозе по способ
1) инженера Барсукова П. Т. („Паровая баня“ инжен
Малеева Я. Ф. (газовые трубы внутри бетона с пропус-

о ним пара) Колонны эти и балки указанными способами были бетонированы в феврале при морозах — 16°—20° Ц, затем прогревались паром в течение 10 дней.

На литейном цехе в течение зимнего времени имелись три станочки для бетонирования (одна из них временно в период бетонирования песочниц), каждая из установок состояла из Ба-крафта, бетономешалки, станочки для подогрева воды типа инж. Розенблю-та и локомобиля. Щебень песок обогревались непосредственно паром. Установка вся прикрывалась на-есом с зашивкой досками оков. При каждой установ-е имелся такой же навес для запасов щебня, песка цемента.

Кузнечный цех. Кар-ас кузнечного цеха—ме-аллический. Установка его тянулась до марта, поэто-у никаких работ по кор-су кузнечного цеха зимой ни не велось.

Изготавливались лишь фун-аменты под молота и др. еханизмы. Всего забетони-овано было около 30 шт ундаментов.

Бетонировка выполня-ась следующим способом: отлованы прикрывались гкими досчатыми разборными "теплячками" с обкладкой соло-инными матами, или укрытием брезентами, или обшивкой тонким ртоном (который случайно имелся на строительстве). Внутри танавливались железные времянки, и бетон выдерживался при мпературе +12°, +15° Ц в течение семи—десяти дней.

В первый период вода подогревалась в вагонетках, а песок на ециальных листах, а когда началось массовое бетонирование, то ли сделаны две установки для подогрева воды непосредственно водопровода (см. выше).

Склад кузнечного цеха. Кирпичная кладка до уровня низочного железобетонного пояса, являющегося одновременно ремычкой над оконными проемами и подкрановой балкой, ла сложена до морозов. Самую балку первоначально предпо-али забетонировать по способу Цинкостроя, но затем, в виду



Рис. 16. "Правила зимней стройки ХТБ".

необходимости форсировать окончание склада с целью использования его для хранения прибывающего оборудования кузнечного цеха — решено было забетонировать ее по способу „Паровой бани“. Поскольку опалубка балки была уже установлена, причем она не была приспособлена для этого способа, так как хомуты затрудняли пропаривание и самая паровая установка, состоявшая из одного локомобиля с поверхностью нагрева около 13 м^2 , была недостаточна (общая длина балки 160 пог. м кубатура — 120 м^3) — обстановка для „Паровой бани“ была мало подходящей. Однако, поскольку погода была благоприятная, с морозами от -4° до -5° Ц , и в виду того, что другого способа не было, — решено было, не меняя опалубки, применить способ „Паровой бани“.

С этой целью днище опалубки, в пределах оконных пролетов было утеплено слоями из прессованной соломы. По схватке (хомутам) опалубки стенок были прибиты бруски, и по ним дана была рубашка, состоявшая из рогожи и соломенных матов. После укладки бетона поверх его укладывались такие же рейки и по ним уложена рогожа и соломитовые маты (см. черт.).

Перед бетонированием опалубка и арматура хорошо пропаривались и обогревались паром, а затем, по мере бетонирования отдельных участков, они обогревались паром, пропускаемым каналы между опалубкой и рогожей (см. черт.).

Локомобиль был установлен в центре сооружения (см. черт.). От него было дано четыре паропровода (из железных труб) для пропаривания опалубки и бетона (к концам этих паропроводов прикреплялись резиновые бронированные шланги) и один паропровод к бетономешалке.

У бетономешалки установлен был Баукрафт для подачи бетона наверх. Вода, щебень и песок обогревались паром. Бетонирование, несмотря на недостаток пара для обогрева бетона, непригодность опалубки, все же прошло удачно. Это способствовало хорошей температуре укладываемого в теплу и влажную опалубку бетона ($+12^\circ$, $+15^\circ \text{ Ц}$) и сравнительно массивность балки. Обогрев продолжался около семи-восьми дней. Пробные кубики, раздавленные через десять дней после бетонировки, дали результат до 70 кг на 1 см^2 .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опыт применения всех указанных выше способов на харьковском Тракторостроителе приводит к следующим выводам. Прежде всего, громадное значение имеет на стройке обильное количество пара с достаточным давлением (от 5 до 8 атмосфер). Наличие пара создает исключительно благоприятные условия для бетонирования. Огромный коэффициент теплоотдачи и увлажняющие свойства дают ему все преимущества как для обогрева

материалов, так и готового бетона. Им легко обогреть тачки, ковши, случайно остуженный до укладки бетон и, что имеет весьма серьезное значение, — опалубки и арматуру перед укладкой бетона. Отопление временками дорого, так как требует большого количества истопников, топливо расходуется нерационально, бетон чрезмерно высушивается и требует аккуратной и добросовестной поливки. То же надо сказать и об отоплении паровом или водяном.

Временки оправдываются только там, где малый размер работ (как, напр., отдельные фундаменты) не оправдывает других способов. Невыгодны также кустарные паровые установки, как, напр., локомобили. Гораздо лучше и выгоднее временные котельные стационарного типа. Следует поставить на очередь дня вопрос о запроектировке и введении в инвентарь зимних работ легких небольших паровых установок для разбросанных мелких работ, а равно таких же передвижных пескогреек.

Во всех случаях испытания контрольных кубиков, забитых на месте работ, результаты получены значительно более высокие для тех элементов, обогрев которых производился пропариванием (перекрытие ваграночных литейного цеха).

Всего за месяцы ноябрь, декабрь, январь, февраль и март 1930-31 г. на ХТЗ выполнено бетонных и железобетонных работ около 13.000 м³.

Всех работ в указанные месяцы Индустроем на ХТЗ (строительных) выполнено на сумму около 7 млн. руб.

Начало января отличалось исключительным гололедом. Конец января и середина февраля — морозами не ниже —20° Ц и сильными ветрами.

Из этого можно сделать вывод, что строить зимою для нас не только необходимо, но и вполне возможно.

РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ОПАЛУБКИ И ОПАЛУБОЧНЫХ РАБОТ

Вопросы рационализации конструкции опалубки и опалубочных работ, при том огромном развитии железобетонного строительства, какое имеет место в наше время, представляют серьезнейшие вопросы.

Стоимость опалубки (стоимость материалов и рабсилы) ложится довольно значительным процентом и составляет 25 — 30% стоимости железобетонной конструкции.

Калькуляция опалубки показывает, что около 70% приходится на стоимость материалов, а 30% — стоимость рабсилы.

Эти цифры говорят о том, что нужно обратить должное внимание на удешевление стоимости опалубки.

Каковы же пути возможного удешевления стоимости опалубки?

Во-первых, доведение расходования материалов до возможного минимума и увеличение оборачиваемости самой опалубки. Во-вторых, рационализация самих опалубочных работ.

В отношении уменьшения расходования материалов на опалубку проделана уже большая работа (Дубинкин — „Новые конструкции опалубки“), но она еще далеко не доведена до конца и здесь есть широкие возможности.

Вопросы же удешевления стоимости опалубочных работ и организации работ по заготовке опалубки еще мало исследованы и требуют изучения и дальнейшей проработки, почему и представляет интерес опыт Индустроя по организации опалубочных работ на строительстве ХТЗ, где вся заготовка опалубки была централизована в строительном дворе.

ЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ ЗАГОТОВКИ ОПАЛУБКИ

Конструкция опалубки зависит от железобетонной конструкции, для которой она предназначена.

В зависимости от сложности первой усложняется и конструкция опалубки, увеличивается расходование материалов и рабсилы на заготовку опалубки, увеличиваются сроки выполнения работ.

Именно поэтому мы должны уделять большое внимание железобетонным конструкциям, мы должны обращать существенное внимание на рационализацию проектирования, что особенно следует подчеркнуть. Рациональное проектирование железобетона заключается не только в том, чтобы сделать экономичную конструкцию; проектировщик должен учесть все, что связано со стоимостью будущего строительства.

В отношении опалубки на первый план выступает простота и стандартность конструкции. Стандартизация — многократная повторяемость однотипных элементов — необходимое условие снижения стоимости опалубки и опалубочных работ.

В качестве примера остановимся здесь на описании конструкции перекрытия механо-сборочного цеха харьковского Тракторного завода, каковая может служить образцом рационального проекта.

Механо-сборочный цех в плане представляет прямоугольник размерами 108×491 м, что составляет 53.028 м². Объем бетонных работ по перекрытию цеха составляет — 4.000 м³. Площадь развернутой поверхности опалубки составляет 30.000 м². Цифры для одного корпуса несомненно, большие и заставляют задуматься над рационализацией как самого проекта, так производства работ.

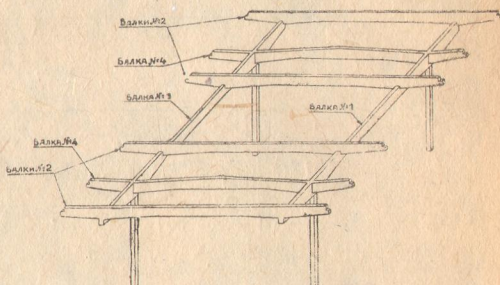


Рис. 1. Куст перекрытия

Проектировщик в данном случае дал простое и хорошее решение. Все перекрытие разделено на 105 „кустов“. „Куст“ представляет пространственную систему, состоящую из 4 колонн, на которых покоятся 8 балок (см. рис. 1).

В плане „куст“ представляет квадрат размерами 18×18 м.

По всему корпусу цеха „кусты“ расположены рядами параллельно сторонам корпуса, при чем, в виду того, что между „кустами“ остается промежуток в свету, равный 6 м, то в направлении короткой стороны цеха отдельные „кусты“ соединяются сборными балками, которые в готовом виде устанавливаются на перекрытие. Таким образом создается сплошное балочное перекрытие.

Балки „куста“ состоят из отдельных элементов — вут и ригеля (см. рис. 2). Как видно из чертежа, каждая балка имеет фактически два однотипных элемента. Например, балка № 1 имеет четыре совершенно одинаковых вута и один ригель; балка № 2 имеет такие же четыре совершенно одинаковых вута и ригель и, наконец, балка № 4 имеет те же элементы.

Отсюда видно, что все перекрытие состоит из 6 элементов, повторенных много раз. Таким образом, геометрическая форма

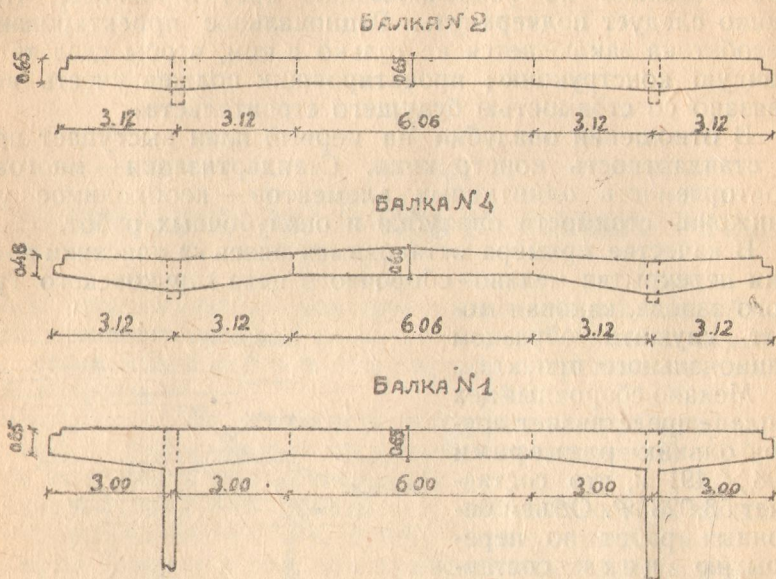


Рис. 2. Отдельные балки куста

элементов перекрытия стандартизована до возможного максимума, что является одним из основных условий рационального проектирования.

Заготовка опалубки механо-сборочного цеха производилась централизованным способом, в специальном строительном дворе, по проекту, предложенному старшим прорабом промышленного строительства инж. Малеевым, для чего недалеко от цеха, где производилась установка опалубки, был отведен участок специально для заготовки опалубки (опалубочный цех).

Рядом с опалубочным цехом находился склад лесоматериалов.

Процесс централизованной заготовки протекал таким образом, что лесоматериал в сыром виде

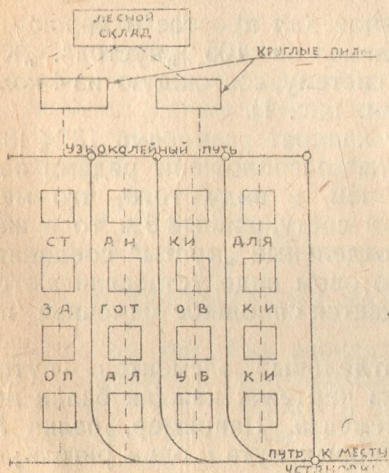


Рис. 3. Цех по заготовке опалубки

поступает со склада во двор с одной стороны, а с другой стороны выходила готовая опалубка, которая в собранном виде на вагончиках доставлялась к месту установки (см. схему опалубочного цеха — рис. 3, подвозка опалубки — рисунок 4).

Преимущества централизованной заготовки опалубки:

1. Заготовка опалубки сконцентрирована в одном месте, что облегчает инструктаж и контроль работы.

2. Увеличивается точность выполнения работы, которая может быть доведена до высокого предела.

3. Удобство подачи материалов.

4. Доведение отходов материалов до возможного минимума.

5. Заготовка опалубки не мешает установке ее, и на месте будущих конструкций есть только одна установка.

КОНСТРУКЦИЯ ОПАЛУБКИ

При старой конструкции опалубки балок сбивались из досок непосредственно на месте установки или, вернее говоря, опалубка сбивалась на своем месте, и ее не приходилось устанавливать.

В результате ряда опытов на строительстве второго района Индустрия (строительство ХТЗ) удалось найти достаточно рациональную конструкцию опалубки, которая легла в основу всей дальнейшей работы.

Конструкция опалубки сборочно-механического цеха представляет собой короб, составленный из отдельных щитов (боковых щитов и днища), которые заключаются в замкнутый хомут (см. рис. 5).

Особенностью опалубки этой новой конструкции является то, что короб, весь в целом, работает на изгиб, как балка.

В применявшихся до сего времени конструкциях опалубки

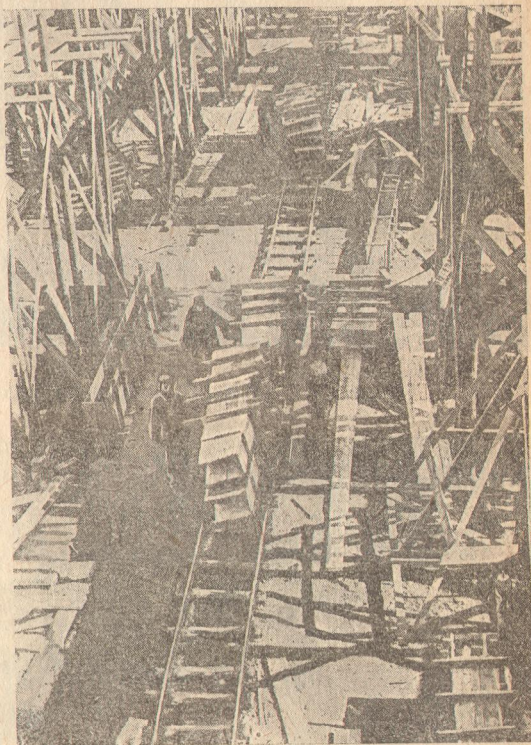


Рис. 4. Перевозка готовой опалубки

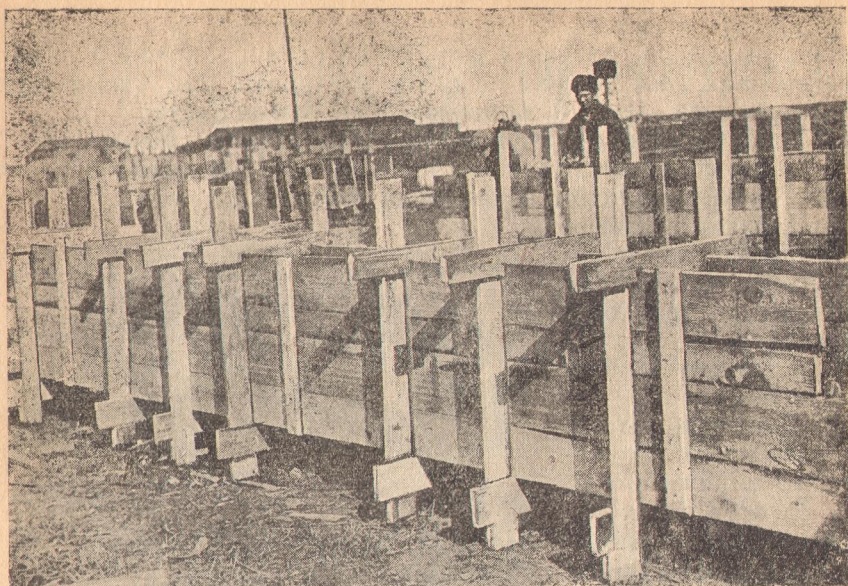


Рис. 5. Собранный короб

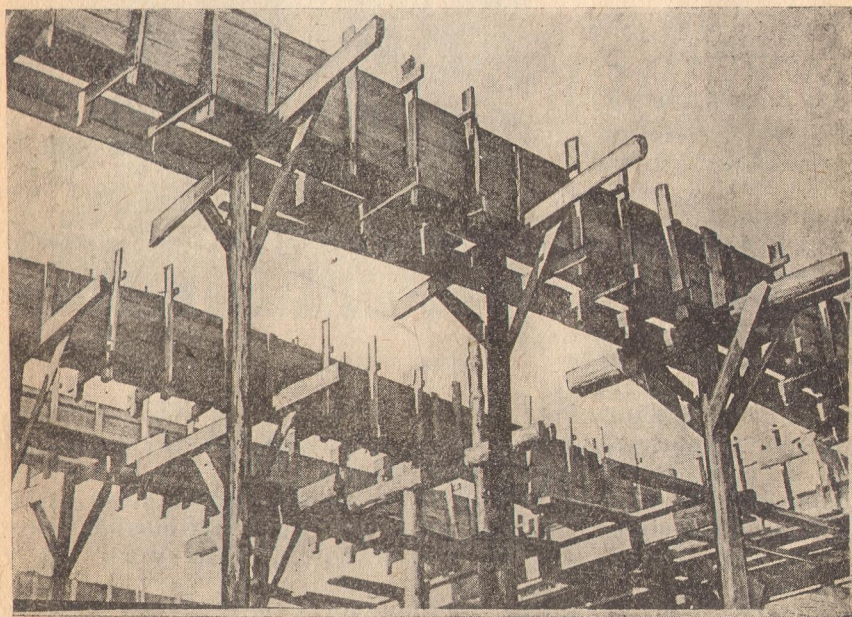


Рис. 6. Установленные короба балок

работало исключительно дно, на которое, собственно, и передавался вес бетона. Боковые стенки короба совершенно не несли бетона, и поэтому приходилось стойки, поддерживающие опалубку, ставить на расстоянии от 0,7—0,9 м до 1,0 м одна от другой, в зависимости от высоты балки и толщины досок днища.

Боковые же щиты короба служили только формой для бетона. Вполне понятно, почему появилась мысль использования боковых щитов короба как рабочего сечения. Заставив работать также боковые щиты, мы можем стойки, поддерживающие короб, ставить на значительном расстоянии — 3 м одна от другой.

Днище в данной конструкции поддерживается подвесными хомутами, расставленными на определенном расстоянии, исходя из условия допускаемого прогиба днища (см. рис. 6 и 7).

Следовательно основные элементы новой опалубки следующие: 1) подвесной хомут, 2) днище и 3) боковые щиты.

Остановимся вкратце на описании элементов короба.

Как выше было сказано, короб составляется из отдельных щитов. Щит представляет собой доски, сбитые несколькими планочками (2—3 штуки), обрезанные по требуемым размерам. Готовые щиты вставляются в хомуты, хомуты же предварительно закрепляются в шаблоны. При сборке коробов хомут имеет боковые и нижнюю планочки. Когда щиты вложены в хомуты, на последние набивается верхняя замыкающая планочка, и короб готов.

Одной из особенностей новой конструкции опалубки является то, что короб собирается из щитов совершенно без гвоздей.

Достаточно снять хомут (хомут также не сбивается гвоздями с коробом), как весь короб рассыпается сам собой.

Описанная конструкция хомута и способ сборки коробов принадлежит инструктору ЦИТ'а тов. Фейгину, работавшему в опалубочном дворе при заготовке опалубки для механо-сборочного цеха.

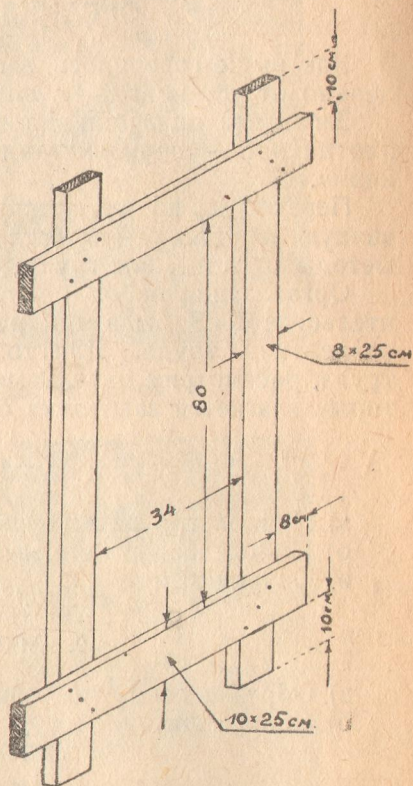


Рис. 7. Хомут

Таким образом, разборка опалубки может быть произведена легко и быстро и, что самое главное, без порчи материалов.

Опыт распалубки сборочно-механического цеха показал все преимущества этой конструкции. При распалубке получали почти совершенно неиспорченный лесоматериал, если не считать тонкой пленки цементного молока на внутренней поверхности опалубки.

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА

Как выше говорилось, заготовка опалубки производилась отдельно от установки — в опалубочном цеху.

Заготовка опалубки до настоящего времени производилась плотниками — специалистами более или менее высокой квалификации.

Переход на новые методы заготовки опалубки — централизованную заготовку — естественно, вызывает и переход на новые методы организации труда.

Организация работ опалубочного двора Индустроя на строительстве ХТЗ была построена на принципе функционального разделения труда. Для того, чтобы уяснить эту организацию труда, рассмотрим отдельные производственные элементы, из которых складывается заготовка опалубки.

1. ЗАГОТОВКА ХОМУТОВ

- а) Продольная распиловка досок на планки для хомутов,
- б) Поперечная распиловка планок по размерам хомутов,
- в) Сбивка хомутов.

2. ЗАГОТОВКА ЩИТОВ

- а) Обрезка досок по размерам щитов,
- б) Сбивка щитов.

3. СБОРКА КОРОБОВ

- а) Установка хомутов в шаблон,
- б) Сборка короба из щитов,
- в) Опиловка коробов по размерам,
- г) Контрольная проверка коробов,

Принцип организации труда на основе функционального расчленения в данном случае заключается в том, что вся группа рабочих на заготовке опалубки разделяется на отдельные группы, которые занимаются исключительно одним каким-либо видом работ; кроме того, широко применялись шаблоны.

Функциональное расчленение труда и применение шаблонов дали возможность использовать на этой работе рабочих без специальной квалификации т. е. неквалифицированных рабочих,

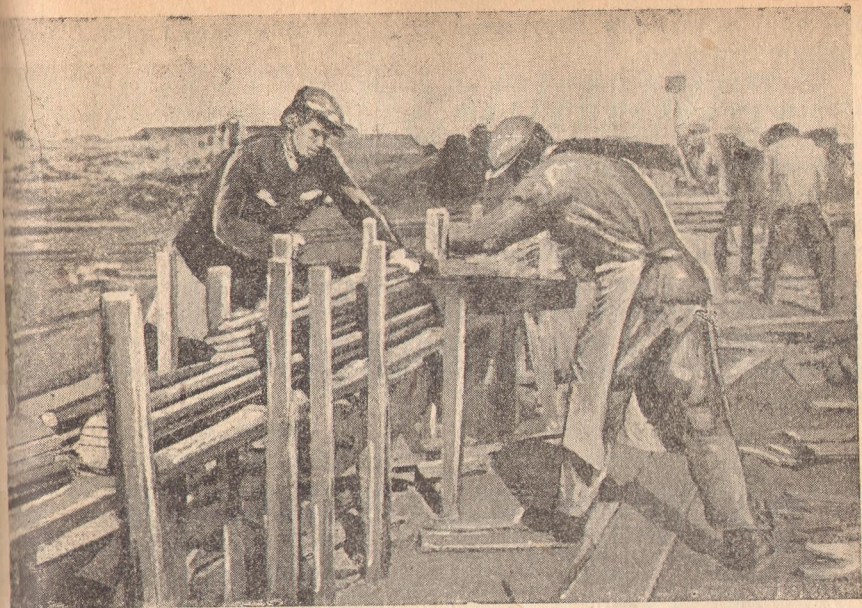


Рис. 8. Шаблон для перепилки планок на хомуты

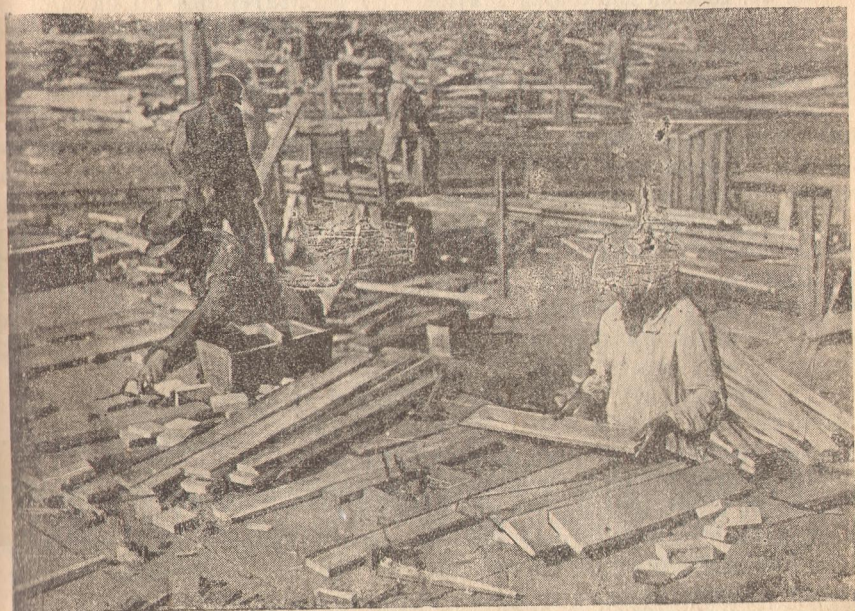


Рис. 9. Сбивка хомутов

что при отсутствии достаточных кадров плотников имеет очень важное значение.

Фактически в опалубочном дворе работали неквалифицированные рабочие—ученики-цитовцы—под руководством инструктора ЦИТ'а, и тем не менее результаты работы были блестящие и точность выпускаемой продукции, аккуратность работы говорили о хорошей и правильной методической установке ЦИТ'а. Большую роль здесь сыграли шаблоны, предложенные инструктором ЦИТ'а тов. Фейгиным.

Организация работ была построена на автоматизации рабочих процессов того или иного рабочего, что умалчивает значение высокой квалификации и открывает перед нами широкую возможность использования неквалифицированных рабочих на опалубочных работах.

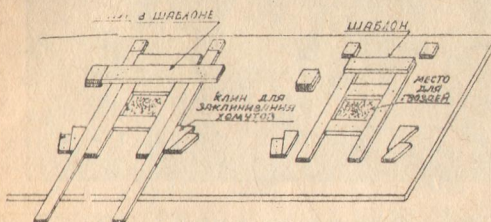


Рис. 10. Шаблон для сборки хомутов

Цехом руководит старший инструктор, который ответственен за работу всего цеха в целом. В подчинении старшего инструктора находятся младшие инструктора, руководящие непосредственно работой отдельных групп.

Материал со склада поступает в опалубочный цех

и здесь по конвейерной системе передается от одной группы к другой, в порядке последовательности процессов производства.

Распиловка досок на требуемую ширину производится на круглой пиле. Распиловка досок производится только для планок на хомуты. Доски для щитков подбираются на складе с таким расчетом, чтобы по ширине щита поместилось целое число их.

Доски, распиленные на планки для хомутов, дальше поступают на специальный станок для перепиловки по размерам хомута (рис. 8).

Шаблон для сборки хомутов устроен таким образом, что рабочий, благодаря имеющимся на нем направляющим планкам, расставленным на фиксированном расстоянии, может отпилить только требуемого размера планочку.

Следующая группа рабочих сбивает хомуты на специальном шаблоне (см. рис. 9 и 10), расположенном на верстаке определенной высоты, удобной для работы.

От рабочего требуется очень не многое—он должен вложить в шаблон планки и сбить их гвоздями.

Надобность в контроле совершенно исключается так как имеющиеся на шаблоне „ляпушки“ (см. рис. 10 для фиксирования положения планок служат и целям контроля над работающим.

Кроме того, для удобства работы планки зажимаются клинушками с боков, и тем самым исключается возможность сдвига их

при сбивке хомутов. Параллельно с этим ведется заготовка боковых щитов и днищ.

Как уже говорилось, для щита доски подбираются по ширине и зависимости от ширины щита, по длине же доска для щита берется несколько больше требуемой длины его: с таким расчетом, чтобы сбитый щит обрезать на станке до требуемого размера.

Необходимо здесь отметить большую заслугу проектировщика в подборе длины отдельных элементов балок.

Размеры коробов для вутов балок — 3 м по длине; для ригелей — 6 м по длине.

Мы видим, что проектировщик учел длину стандартных досок и подобрал размеры элементов балок таким образом, чтобы они

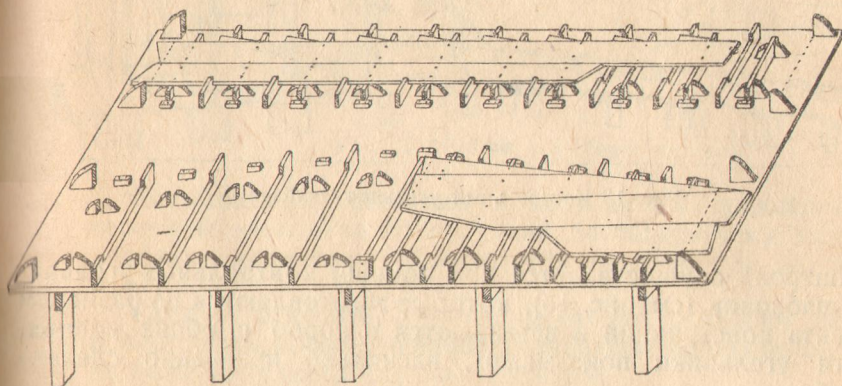


Рис. 11. Сбивка щитов на станке

по длине равнялись длине доски (6 м), либо составляли половину их длины (3 м). Благодаря такому подбору размеров элементов балок отход на обрезки свелся почти к нулю.

Когда доски для щита подобраны, их укладывают в шаблон (см. рис. 11). Щит сбивается двумя-тремя планочками. Эти планочки вкладываются в специальные гнезда шаблона, при чем с одного торца доски щита примыкают к упорной планке, а с другого они опиливаются на требуемую длину пилой при помощи направляющих „ляпушек“.

Для того, чтобы доски при сбивке щита не болтались, с боков набиваются закрепительные клинушки. Сбитый и опиленный по размерам щит поступает в группу для сборки коробов.

Сборка коробов производится на станке, показанном на рис. 12).

Как видно из рисунка, в этом шаблоне имеются специальные гнезда для хомутов. Расстояние между гнездами определяется на основании расчета.

В эти гнезда вставляются хомуты, которые представляют как-бы каркас короба. В установленные хомуты вкладывается днище и боковые щиты и каждый щит прихватывается к хомуту, двумя гвоздями, которые играют конструктивную роль. Затем хомуты зашиваются верхней планкой.

Остается подвергнуть короб контролю. Собственно говоря, короб собирается из отдельных элементов, заранее заготовленных по требуемым размерам, однако в данном случае, нужен контроль правильности сборки короба.

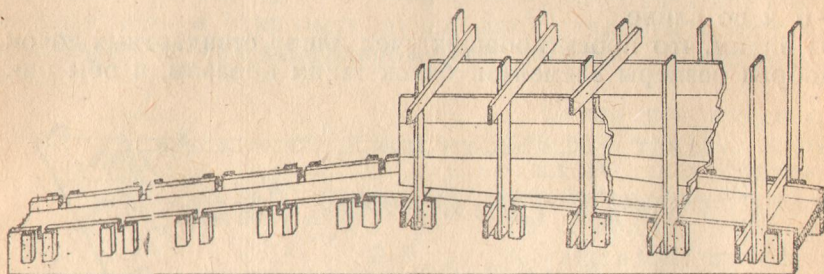


Рис. 13 Контрольный угольник - шаблон

Контроль осуществляется при помощи контрольных угольников - шаблонов (см. рис. 13), которые заготавливаются по размерам элемента конструкции и вставляются в короб с обоих концов.

Эти угольники показывают, насколько правильно сделана опалубка.

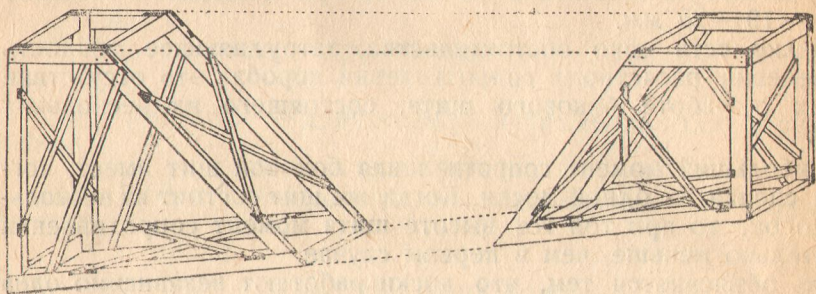
ШАБЛОНЫ ДЛЯ ЗАГОТОВКИ ОПАЛУБКИ БАЛОК МЕЖДУЭТАЖНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

Так как балки ребристых перекрытий несут на себе плиту, то понятно, что замкнутых подвесных хомутов для опалубки нельзя дать. В этом случае хомуты делают незамкнутые, доводя боковые планки только до верха короба, и хомут приходится пришивать гвоздями к щитам. Поэтому для такой опалубки можно рекомендовать следующий способ заготовки.

Короб состоит также из щитов, но щиты сбиваются не двумя-тремя планками, а сразу прибиваются в соответствующем шаблоне (см. рис. 11) к боковым планкам хомута (если это боковые щиты), и к нижним планкам хомута (если это днища), поставленным на ребро.

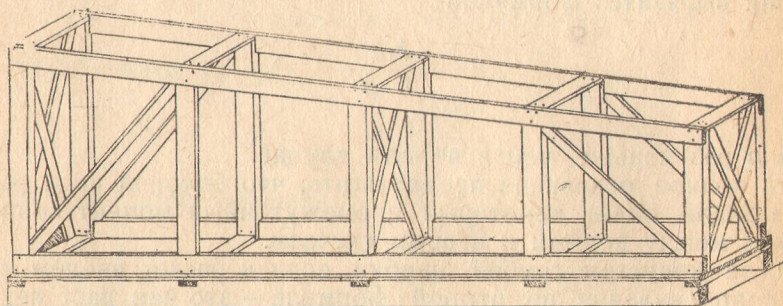
Расстояние между планками берется требуемое по расчету между хомутами. Сбитые щиты таким образом поступают на сборку. Шаблон для сборки коробов показан на рис. 14. Короб на этом шаблоне собирается вверх дном,

Собранный короб обрезается по шаблону, который одновременно служит и контрольным шаблоном.



Все описанные шаблоны заготавливаются предварительно по чертежам элементов конструкции, благодаря чему, как видно из описания, исключена возможность ошибок при заготовке опалубки.

Следует отметить, что при заготовке опалубки механо-сборочного цеха, производившейся неквалифицированными цитовцами не было ни одного случая переделки.



Опыт Индустрия по организации опалубочных работ, выдержавший боевой штурм в механо-сборочном цехе, должен быть широко распространен на нашем строительстве, что значительно повысит качество работ и смягчит кризис в квалифицированных плотниках.

РАСЧЕТ ОПАЛУБКИ ОТДЕЛЬНЫХ БАЛОК С ПОДВЕСНЫМИ ХОМУТАМИ

Конструкция опалубки с подвесными хомутами позволяет ввести в расчет боковые щиты короба.

Именно это обстоятельство дает возможность придать коробу значительную жесткость на изгиб при небольшой толщине досок — 19—25 мм.

Однако есть одно обстоятельство, затрудняющее точность определения расчетного сопротивления короба: это отсутствие данных о работе бокового щита, состоящего из нескольких досок.

Наибольший момент сопротивления боковой щит имеет, когда он сделан из одной доски. Когда же щит состоит из нескольких досок, то при той же высоте щита момент сопротивления значительно меньше, чем в первом случае.

Это объясняется тем, что доски работают независимо одна от другой.

В самом деле.

Пусть h — высота бокового щита h_1 — толщина доски, тогда момент сопротивления щита в первом случае будет:

$$W = \frac{h_1 h^2}{6}.$$

Во втором случае, когда щит имеет n досок, момент сопротивления выразится формулой:

$$W = \frac{h_1 h^2}{6 \cdot n},$$

т. е. в n раз меньше, чем в первом случае.

Есть полное основание предполагать, что боковой щит, сбитый из досок, имеет некоторый промежуточный момент сопротивления между первым и вторым случаем.

Мы не допустим грубой ошибки, если в расчет введем момент сопротивления по второй формуле — это нам даст некоторый незначительный запас прочности.

Расчет опалубки сводится к следующим элементам:

- 1) расчет днища короба (определение расстояния между хомутами),
- 2) определение расстояния между стойками (определение допускаемого пролета короба),
- 3) подбор сечения стоек,
- 4) подбор сечения планок хомутов.

Условные обозначения:

$E = 85000 \text{ кг/см}^2$ — модуль нормальной упругости.

$I = \frac{dh^3}{12}$ — момент инерции прямоугольного сечения относительно нейтральной оси.

$W = \frac{bh^2}{6}$ — момент сопротивления.

$[n_u] = 100 \text{ кг/см}^2$ — допускаемое напряжение для дерева на изгиб.

$[n_-] = 100 \text{ кг/см}^2$ — допускаемое напряжение для дерева на сжатие.

1. РАСЧЕТ ДНИЩА КОРОБА

Расчета боковых стенок короба не рассматриваем, так как распор бетона заведомо меньше давления его на днище.

Обозначим через l_1 расстояние между хомутами, h_1 — толщину доски, b — ширину балки и h — высоту балки.

Примечание: В расчетах везде будем считать, что ширина балки b составляет 0,6 h . Грубой ошибки не допустим, так как это с достаточной для практических целей точностью соответствует действительности.

Расчет на прочность

Изгибающий момент

$$M = \frac{ql_1^2}{8}.$$

Момент сопротивления

$$W = \frac{b \cdot h_1^2}{6}.$$

С другой стороны,

$$W = \frac{M}{[n_u]},$$

Следовательно,

$$\frac{bh_1^2}{6} = \frac{M}{[n_u]} \dots \dots \dots (A)$$

Принимаем объемный вес бетона с учетом динамических нагрузок $= 2500 \cdot 1,5 = 3750 \text{ кг/м}^3$.

Интенсивность нагрузки на один погонный сантиметр $q = 0,00375 \cdot b \cdot h \text{ кг/см}$, где b и h — размеры сечения балки в сантиметрах.

Подставляя это значение в формулу (А), получим:

$$\frac{bh_1^2}{6} = \frac{0,00375 \cdot b \cdot h \cdot l_1^2}{8 [n_u]}$$

отсюда

$$l_1^2 = \frac{8 [n_u]}{0,00375 \cdot 6} \frac{h_1^2}{h} \dots \dots \dots (B)$$

Обозначая постоянное число

$$\sqrt{\frac{8 [n_u]}{0,00375 \cdot 6}} = a,$$

перепишем формулу (B) в таком виде:

$$l_1 = a \frac{h_1}{\sqrt{h}} \dots \dots \dots (C)$$

Найдем значение a :

$$a = \sqrt{\frac{8 \cdot 100}{0,00375 \cdot 6}} = 188.$$

Подставляя это значение a в формулу (C), получим окончательное выражение для l_1 :

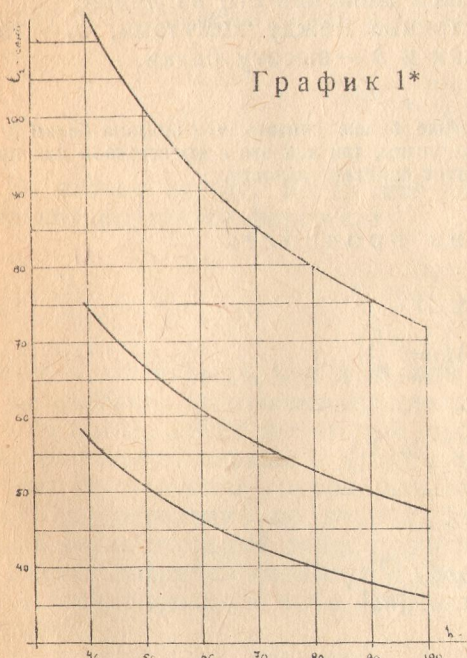
$$l_1 = 188 \frac{h_1}{\sqrt{h}} \dots \dots \dots (I)$$

(все размеры в см.)

Из этой формулы видна зависимость между толщиной досок и высотой балки.

l_1 есть гиперболическая функция высоты балки. Это значит, что с увеличением высоты балки l_1 уменьшается по гиперболической кривой.

Придавая различные значения h_1 , получим ряд кривых (см. график 1).



*Граф. 1 и 2 имеет три кривых. Верхняя кривая соответствует толщине досок $h_1 = 3,8 \text{ см}$; средняя кривая — $h_1 = 2,5 \text{ см}$; нижняя кривая — $h_1 = 1,9 \text{ см}$

Для практического пользования ниже приводится таблица значений l_1 .

Таблица 1
Расстояние между хомутами в см

Толщина доски в см	Высота балки в см						
	40	50	60	70	80	90	100
1,9	57	50,5	46	42,5	40	37,5	35,7
2,5	74,5	66,5	61	56	52,5	49,5	47
3,8	114	101	92	85	80	75	71,5

В настоящей таблице приведены значения l_1 для балок высотой h до 1 м, как наиболее ходких высот в практике строительства.

В отдельных случаях, за пределами таблицы нетрудно подсчитать значение l_1 , подставив соответствующие значения h и h_1 в формулу I.

Расчет на прогиб днища

По техническим условиям, для проектирования опалубки допускаемый прогиб не должен превышать $\frac{1}{400}$ пролета. Следовательно, для установления расстояния между хомутами необходимо определить расстояние между ними из условия допускаемого прогиба и, сравнив с ранее определенным значением по прочности, выбрать меньшее из них.

Это и будет проектное расстояние между хомутами.

Примечание: Расчет на прогиб или прочность соответствует определенному соотношению между высотой сечения и пролетом (для прямоугольных сечений). Теория сопротивления материалов дает зависимость между высотой сечения и пролетом, когда результаты расчета будут одинаковые, т. е. когда пролет, определенный по прочности, будет совпадать с пролетом, определенным по условиям прогиба.

Эта зависимость для свободнолежащей балки выражается формулой:

$$h = \alpha l$$

где

$$\alpha = 83,33 \frac{[n]}{E}.$$

Для опалубки $\alpha = 0,10$.

Подставляя это значение α в формулу, получим, что для опалубки $h = 0,10l$. Если $h > 0,10l$, то расчет нужно вести на прочность; если же $h < 0,10l$ — на прогиб.

При расчете днища на прогиб в формуле, берем коэффициент средний между свободнолежащей балкой и неразрезанной.

Расчетная формула:

$$f = \frac{1}{2} \left(\frac{5}{384} \frac{ql^4}{EI} + \frac{1}{384} \frac{ql^4}{EI} \right) = \frac{3}{384} \frac{ql^4}{EI}.$$

Здесь f — стрела прогиба.

По условиям прогиба f должно быть $\leq \frac{l}{400}$, следовательно

$$\frac{l_1}{400} = \frac{3}{384} \frac{q l_1^4}{EI},$$

откуда:

$$l_1^3 = \frac{384}{3 \cdot 400} \frac{E \cdot I}{q}.$$

Подставляя значение q и I в формулу, приведем ее к следующему виду:

$$l_1^3 = \frac{384E}{12 \cdot 3 \cdot 400 \cdot 0,00375} \cdot \frac{h_1^3}{h} \dots \dots \dots (A)$$

Обозначая

$$\frac{384E}{12 \cdot 3 \cdot 400 \cdot 0,00375} = \beta^3,$$

как постоянное число, перепишем формулу (A) в таком виде:

$$l_1 = \beta \frac{h_1}{\sqrt[3]{h}} \dots \dots \dots (B)$$

Найдем значение β :

$$\beta = \sqrt[3]{\frac{384 \cdot 85000}{12 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 0,375}} = 85.$$

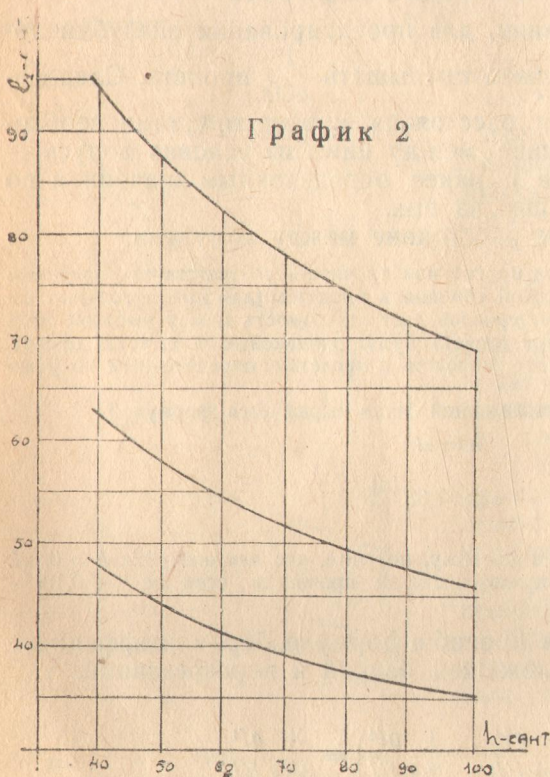
Подставим значение в формулу (B):

$$l_1 = 85 \frac{h_1}{\sqrt[3]{h}} \dots \dots \dots (II)$$

(все размеры в сантиметрах).

В этом случае l_1 обратно пропорционально кубическому корню высоты балки h и прямо пропорционально толщине доски h_1 .

Построим для этого случая кривые зависимости l_1 от h и h_1 . (см. график 2).



Для практического пользования приводится ниже таблица значений.

Таблица 2

Расстояние между хомутами в сантиметрах

Толщина доски в см	Высота балки в см						
	40	50	60	70	80	90	100
1,9	47,5	44,0	41,2	39,3	37,5	36,4	35,1
2,5	62,0	58,0	54,2	51,8	49,2	48,0	46,0
3,8	94,0	87,5	82,0	78,0	74,5	71,5	69,0

Из этих графиков и таблиц видно, что для сравнительно тонких досок расчет необходимо производить на прогиб.

Это следует и из вышеприведенной формулы.

В данном случае $h_1 < 0,10l_1$.

Следовательно, в практике строительства нужно пользоваться графиками или таблицей 2.

II. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ СТОЙКАМИ

При расчетах считаем короб как свободнолежащую балку, так как очень часто попадают короткие элементы опалубки, свободнолежащие на двух опорах.

1. Расчет на прочность

Момент сопротивления:

$$W = \frac{M}{[n_a]}$$

$$M = \frac{ql^2}{8}; \quad W = \frac{ql^2}{8[n_a]}$$

откуда

$$l^2 = \frac{8[n_a]W}{q} \dots \dots \dots (A)$$

где l — расстояние между стойками.

$$W = \frac{h_1 h^2}{6 \cdot n}$$

здесь h_1 — толщина доски, h — высота балки; n — число досок в боковом щите.

Подставляя в формулу (А) значение W , получим:

$$l^2 = \frac{8 [n_u] h_1 h^2}{3q n};$$

$$q = 0,6 \cdot 0,00375 h^2;$$

$$l^2 = \frac{8 [n_u]}{3 \cdot 0,6 \cdot 0,00375} \cdot \frac{h_1}{n} = c^2 \frac{h_1}{n}, \dots \dots \dots (B)$$

где

$$c^2 = \frac{8 [n_u]}{3 \cdot 0,6 \cdot 0,00375} -$$

постоянное число, зависящее от допускаемого напряжения. Определим C :

$$C = \sqrt{\frac{8 \cdot 100}{3 \cdot 0,6 \cdot 0,00375}} = 347.$$

Подставляя значение C в формулу (B), перепишем ее в следующем виде (все размеры в сантиметрах):

$$l = 347 \sqrt{\frac{h_1}{n}} \dots \dots \dots (III)$$

Это и есть расчетная формула по прочности для определения расстояния между стойками.

Примечание. Выведенная формула (III) не вполне верна, так как при выведении момента сопротивления короба приняты в расчет только моменты сопротивления боковых щитов, без момента сопротивления днища:

$$W = 2 \frac{h_1 h^2}{6 \cdot n}.$$

В действительности момент сопротивления выражается в следующем виде:

$$W_2 = 2 \frac{h_1 h^2}{6 \cdot n} + \frac{0,6 h \cdot h_1^2}{6} = \frac{h_1 h^2}{3 \cdot n} + 0,1 h h_1^2.$$

Указанная величина, вследствие незначительности по сравнению с первой частью была отброшена.

В среднем она составляет около 20% от всего момента сопротивления

$$\begin{aligned} & \text{(для балок высотой} = 40 \text{ см } 0,1 = 3,5\% \text{ от } W_2; \\ & \text{для балок высотой} = 100 \text{ см } 0,1 = 1\% \text{ от } W_2). \end{aligned}$$

Но так как расстояние между стойками пропорционально корню квадратному из W_2 , то эта погрешность еще менее ощутительна.

Уменьшение момента сопротивления на 20% в среднем уменьшает расстояние между стойками всего на 10%.

Очевидно, что такая ничтожная погрешность, значительно упрощая расчет, никакого практического значения не имеет.

Интересно отметить, что в формулу (III) высота балки не входит. Расстояние же между стойками зависит только от толщины доски и числа досок в боковом щите.

На первый взгляд это может показаться странным.

В действительности иначе не может и быть, если нами принято, что ширина балки пропорциональна высоте ее:

$$b = 0,6h.$$

В самом деле: момент сопротивления сечения короба прямо пропорционален квадрату высоты:

$$W = \frac{h_1 h^2}{3 \cdot n},$$

Интенсивность веса балки также прямо пропорциональна квадрату высоты

$$q = 0,6 \cdot 0,00375 \cdot h^2$$

А так как момент сопротивления W входит в числитель, а интенсивность q в знаменатель формулы III, то высоты h сокращаются.

Формула III выражает определенную криволинейную зависимость между толщиной доски, числом досок в щите и расстоянием между стойками (см. график 3).

Каждой толщине досок соответствует своя кривая — график имеет две кривых.

Для практического пользования приведена ниже таблица расстояний между стойками.

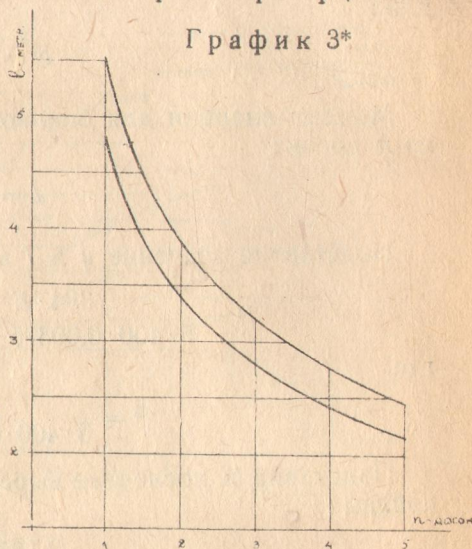


Таблица 3

Расстояние между стойками в мтр.

Толщина доски в см	Число досок в щите				
	1	2	3	4	5
1,9	4,80	3,37	2,78	2,40	2,15
2,5	5,50	3,88	3,18	2,75	2,45

2. Расчет на прогиб

При расчетах рассматриваем короб, как балку, свободно лежащую.

*) На графике имеется две кривых. Верхняя кривая соответствует толщине досок $h_1 = 2,5$ см; нижняя $h_1 = 1,9$ см,

В этом случае стрела прогиба выражается следующей формулой:

$$f = \frac{5}{384} \frac{ql^4}{EI}$$

Допускаемый прогиб

$$f = \frac{l}{400}$$

следовательно:

$$\frac{l}{400} = \frac{5}{384} \frac{ql^4}{EI}$$

или:

$$l^3 = \frac{384 \cdot E \cdot I}{5 \cdot 400} \dots \dots \dots (A)$$

Момент инерции для бокового щита высотой h и состоящего из n досок:

$$I = \frac{h_1 h^2}{n^2 12}$$

Подставляя значение q и I в формулу (A), получим

$$l^3 = \frac{384 \cdot E}{5 \cdot 400 \cdot 0,00375 \cdot 0,6 \cdot 6} \frac{h_1 \cdot h}{n^2} = \gamma^3 \frac{h_1 h}{n^2} \dots \dots \dots (B)$$

где

$$\gamma^3 = \frac{384 \cdot E}{5 \cdot 400 \cdot 0,00375 \cdot 0,6 \cdot 6}$$

Подставив в последнее выражение значение $E = 85000 \text{ кг/см}^2$, найдем:

$$\gamma = 111$$

тогда

$$l = 111 \sqrt[3]{\frac{h_1 h}{n^2}} \dots \dots \dots (IV)$$

(размеры в сантиметрах)

Это есть формула для определения расстояния между стойками по допускаемому прогибу.

Примечание. Расстояние между стойками, определяемое по формуле IV несколько преуменьшено, так как при определении момента инерции отброшена незначительная его часть.

В расчет принят момент инерции

$$I = 2 \frac{h_1 h^3}{12 \cdot n^2}$$

(момент инерции боковых щитов).

В действительности момент инерции представляется в следующем виде:

$$I = 2 \frac{h_1 h^3}{12 \cdot n^2} + \frac{0,6 h \cdot h_1^3}{12}$$

где

$$\frac{0,6 \cdot h \cdot h_1^3}{12}$$

(отброшенная часть) представляет момент инерции днища.

Допущенная приближенно не вносит большой ошибки, так как момент инерции днища, по сравнению с моментом инерции боковых шитов, представляет погрешность еще меньшего порядка, чем это мы имеем при определении момента сопротивления сечения короба.

Пользуясь формулой IV, построим график 4.

Для практического пользования приводим ниже таблицы для определения предельного расстояния между стойками, при разной толщине доски.

График 4

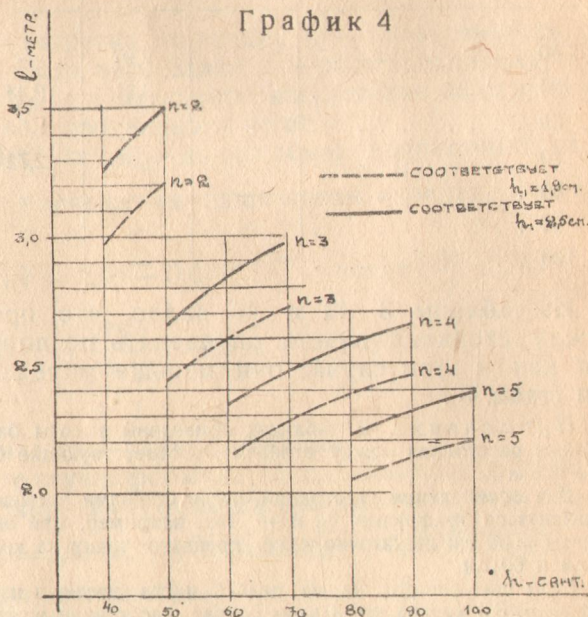


Таблица 4а

(Толщ. доски 2,5 см)

Расстояние между стойками в метрах

Высота балки в сантиметрах	Число досок в шите				
	1	2	3	4	5
40	—	3,25	—	—	—
50	—	3,50	2,66	—	—
60	—	—	2,84	2,35	—
70	—	—	2,97	2,48	—
80	—	—	—	2,58	2,23
90	—	—	—	2,69	2,32
100	—	—	—	—	2,40

Таблица 46

(Толщ. доски 1,9 см)

Расстояние между стойками в метрах

Высота балки в сантиметрах	Число досок в щите				
	1	2	3	4	5
40	—	2,97	—	—	—
50	—	3,21	2,44	—	—
60	—	—	2,60	—	—
70	—	—	2,72	—	—
80	—	—	—	2,37	2,05
90	—	—	—	2,46	2,13
100	—	—	—	—	2,20

Из таблицы 3, 4а и 4б видно, что проектные расстояния между стойками нужно определять по допускаемому прогибу, так как в этом случае они меньше определяемых по прочности (табл. 3).

Примечание. В таблицах приведены высоты балок с разницей в 10 см, а также расстояния между стойками, соответствующие щитам, состоящим из целого числа досок.

Для определения расстояний между стойками промежуточных значений можно пользоваться графиками 4а и 4б. Так, например, при определении значения для высоты = 55 см достаточно взять среднюю точку на кривой между высотами = 50 см и 60 см.

Если щит состоит не из целого числа досок, а из целого числа с дробью, например, 3,5 доски, то в этом случае расстояние между стойками определяют, беря точку на графике между кривыми 2 и 3 против соответствующей высоты, и т. д.

Вообще же говоря, пользование графиком значительно удобнее, чем таблицами. Хотя график на первый взгляд может показаться сложнее таблицы, в действительности, по сравнению с таблицами, он представляет большие преимущества для производственника.

Из приведенного примера это очевидно.

III. ПОДБОР СЕЧЕНИЙ СТОЕК

Нашей задачей является определение диаметра стоек, служащих опорами опалубки.

Диаметр стойки зависит от целого ряда переменных.

Общей формулой эта зависимость выражается так:

$$d = F(l, h, h_c),$$

где l — расстояние между стойками,

h — высота короба опалубки,

h_c — высота стойки.

Стойка в рассматриваемом случае работает на сжатие, однако необходимо учесть явление продольного изгиба,

Формула для расчета стойки:

$$\omega = \frac{P}{n} \quad \dots \quad (A)$$

Здесь $\omega = \frac{\pi d^2}{4}$ — площадь сечения стойки

$P = ql$ — нагрузка на стойку (q — интенсивность собственного веса балки, l — расстояние между стойками).

$n = [n] \varphi$ — допускаемое напряжение на сжатие с учетом продольного изгиба.

$[n] = 100 \text{ кг/см}^2$ — допускаемое напряжение на сжатие.

Коэффициент уменьшения напряжения φ определяется по двум формулам:

$$1) \varphi = 1,04 - 0,00724 \frac{h_c}{r}, \quad \text{когда} \quad \frac{h_c}{r} \leq 94$$

$$2) \varphi = \frac{2750}{\left(\frac{h_c}{r}\right)^2}, \quad \text{когда} \quad \frac{h_c}{r} > 94,$$

где r — минимальный радиус инерции.

Для первого случая формула (A) подстановкой соответствующих значений входящих в нее величин приводится к следующему виду

$$d = 0,014 h_c + \sqrt{0,000195 h_c^2 + 0,0000275 l h^2} \quad (Va)$$

(все размеры в сантиметрах).

В практике промышленного строительства очень редко могут встретиться такие высоты, для которых $\frac{h_c}{r} \leq 94$.

Поэтому здесь ограничимся только этой формулой без дальнейших выводов.

Значительно чаще, вернее всегда, приходится иметь дело с применением второй формулы значений φ .

Определим функциональную зависимость d от остальных величин для второго случая.

$$\omega = \frac{P}{n}; \quad \dots \quad (A)$$

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4}; \quad n = [n] \varphi; \quad \varphi = \frac{2750}{\left(\frac{h_c}{r}\right)^2};$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{\omega}}; \quad \text{для круглого сечения} \quad r = \frac{d}{4};$$

$$P = ql = 0,00375 \cdot 0,6 \cdot h^2 l.$$

Подставив эти значения в формулу (А), получим:

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{0,00375 \cdot 0,6 \cdot h^2 l}{[n - \frac{2750}{(\frac{4h_c}{d})^2}] \dots \dots \dots (B)}$$

Преобразовав эту формулу, приведем ее к такому виду:

$$d^4 = \frac{0,6 \cdot 4 \cdot 16 \cdot 0,00375}{\pi \cdot [n - \frac{2750}{(\frac{4h_c}{d})^2}]} h^2 l h_c^2 = K^4 h^2 l h_c^2 \dots \dots \dots (C)$$

Определим значение K :

$$K = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot 16 \cdot 0,00375 \cdot 0,6}{3,14 \cdot 100 \cdot 2750}} = 0,0205.$$

Перепишем окончательно формулу (С) в таком виде:

$$d = 0,0205 \sqrt[4]{h^2 l h_c^2}$$

или:

$$d = 0,0205 \sqrt[4]{h_c} \sqrt[4]{l \cdot h^2} \dots \dots \dots (B6)$$

(все размеры в сантиметрах).

Пользуясь этой формулой, построим графики для определения диаметра стоек (см. график 5).

Здесь в тексте не приведены таблицы, так как пользование таблицами сложнее, чем графиками, в виду большого количества возможных комбинаций.

Кроме того, таблица дает скачкообразный переход од одного значения переменных величин к другому, тогда как график дает зависимость между переменными величинами любого значения.

IV. ПОДБОР СЕЧЕНИЙ ПЛАНОК ХОМУТОВ

Планки хомутов подвергаются действию веса бетона (горизонтальные, нижние планки) и распору еще не схватившегося бетона (вертикальные планки).

Планка находится в условиях балки под действием равномерно распределенной нагрузки; так как гвоздевое соединение планок представляет некоторое защемление ее концов, то очевидно, что планка работает как балка с некоторым защемлением.

Однако учесть точно степень защемления не представляется возможным, поэтому при расчетах будем считать планку, как балку свободно-лежащую.

График 5.

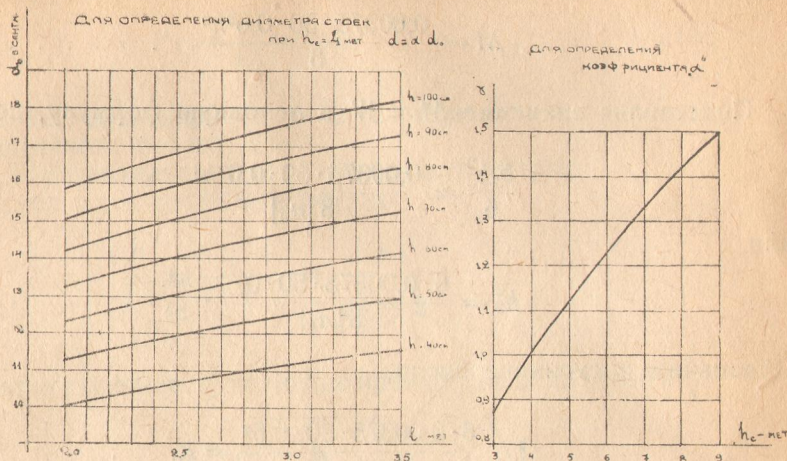


График 5 состоит из двух номограмм.

По первой определяем диаметры стоек для $h_c = 4$ м.

Если высота стойки больше или меньше 4-х метров, то для определения диаметра стойки пользуемся первой номограммой и найденный диаметр умножаем на коэффициент α , определяемый по второй номограмме, т. е. $d = \alpha \cdot d_0$.

Пример. Пусть требуется определить диаметр стойки для следующих данных:

высота стойки $h_c = 6,5$ м

расстояние между стойками $l = 2,8$ м

высота балки $h = 60$ см

По первой номограмме по кривой $h = 60$ см находим, что диаметр стойки $d_0 = 13,5$ см.

По второй номограмме находим α для $d_c = 6,5$ м, $\alpha = 1,28$.

Следовательно, $d = 1,28 \times 13,5 = 17,3 \approx 18$ см

1. Расчет нижних планок

Основная формула для расчета планок: $W = \frac{M}{[n_n]}$;

$W = \frac{b_2 h_2^2}{6}$ — момент сопротивления планки.

$$M = \frac{ql^2}{8} = \frac{Pl}{8}$$

$$P = ql \dots \dots (A)$$

В данном случае $l = 0,6h$ $q = 0,00375 \cdot 50 \cdot h$,

где 50 см — принятое в расчете, для упрощения, среднее расстояние между хомутами.

Тогда $P = 0,00375 \cdot 50 \cdot 0,6h^2$.

Отсюда найдем M :

$$M = \frac{0,00375 \cdot 50 \cdot 0,6^2 h^3}{8} \dots \dots \dots (B)$$

Подставляя значение M и W в основную формулу, получим:

$$\frac{b_2 h_2^2}{6} = \frac{0,00375 \cdot 50 \cdot 0,6^2 h^3}{8 [n_n]}$$

или

$$h_2^2 = \frac{6 \cdot 0,00375 \cdot 50 \cdot 0,6^2}{8 [n_n]} \cdot \frac{h^3}{b^2} \dots \dots \dots (C)$$

Обозначим постоянное число:

$$\sqrt{\frac{6 \cdot 0,00375 \cdot 50 \cdot 0,6^2}{8 [n_n]}} = K.$$

Подставив значение $[n_n]$ в последнее выражение, получим значение K

$$K = 0,0225.$$

Перепишем формулу (C) в окончательном виде:

$$h_2 = 0,0225 \sqrt{\frac{h^3}{b_2}} \dots \dots \dots (VI)$$

(все размеры в сантиметрах).

Пользуясь этой формулой, можно составить таблицу значений h_2 в зависимости от высоты балки h для определения размеров нижней планки хомута.

Таблица 6
Высота планки хомута в сантиметрах

Толщ. планки хомута в сант.	Высота балки в сант.						
	40	50	60	70	80	90	100
1,9	4,0	5,8	7,7	9,5	11,6	13,8	16,3
2,5	3,5	5,0	6,7	8,3	10,0	12,0	14,2

2. Расчет боковых планок

Боковые планки хомута рассчитываются как свободно-лежащие балки, подверженные действию распора бетона.

Распор бетона или давление на боковой щит определяется по формуле Ноаск'а:

$$P = K \frac{F}{U} \text{ тон/м}^2. \dots\dots\dots (A)$$

K — коэффициент, зависящий от консистенции бетона.

Для пластичного бетона $K = 3$.

F — площадь горизонтального сечения балки в метрах.

U — периметр того же сечения в метрах.

$$\frac{F}{U} = \frac{l \cdot b}{2b + 2l} = \frac{b}{2\frac{b}{l} + 2}$$

т. к. l значительно больше b , то можно пренебречь величиной $2\frac{b}{l}$,

тогда

$$\frac{F}{U} = \frac{b}{2}.$$

Согласно принятому нами условию, $b = 0,6h$, следовательно,

$$\frac{F}{U} = 0,3h.$$

Подставляя эти значения в формулу (A), получим:

$$P_{\max} = 0,9h \text{ тон/м}^2$$

или

$$P_{\max} = 0,0009h \text{ кг/см}^2$$

(h выражается в сантиметрах).

Расчетная формула для планки хомута

$$W = \frac{M}{[n_u]} \dots\dots\dots (C)$$

$$W = \frac{b_3 h_3^2}{6}; \text{ где } b_3 \text{ — толщина планки,}$$

h_3 — ширина планки.

$$M = \frac{Pl}{8}; \quad l = h; \quad P = P_{\max} h \cdot l_1,$$

где l_1 — расстояние между хомутами; для упрощения принимаем $l_1 = 50 \text{ см}$:

$$P = 0,0009 \cdot 50h^2 = 0,045h^2;$$

$$M = \frac{0,045h^3}{8} = 0,00563h^3.$$

Подставим эти величины в формулу (С):

$$\frac{b_3 h_3^2}{6} = \frac{0,00563 \cdot h^3}{[n_u]}$$

или

$$h_3^2 = \frac{0,00563 \cdot 6}{[n_u]} \frac{h^3}{b_3} = K^2 \frac{h^3}{b_3} \dots \dots \dots (D)$$

$$K = \sqrt{\frac{0,00563 \cdot 6}{100}} = 0,0183.$$

Подставляя значение K в формулу (Д), перепишем ее в таком виде:

$$h_3 = 0,0183 \frac{\sqrt{h^3}}{\sqrt{b_3}} \dots \dots \dots (VII)$$

(все размеры в сантиметрах).

При помощи этой формулы построим таблицу значений для различных высот балок и для определения размеров боковой планки хомута.

Таблица 7
Высота планки хомута h_3 в сантиметрах

Толщ. планки хомута в сант.	Высота балки в сант.						
	40	50	60	70	80	90	100
1,9	3,3	4,8	6,3	7,8	9,5	11,3	13,4
2,5	2,9	4,1	5,5	6,8	8,2	10,0	11,6

Из приведенных таблиц 6 и 7 мы видим, что планки хомутов для балок небольшого сечения имеют незначительные размеры. Так, для балок высотой не более 60 см больший размер сечения планки не превышает 8 см.

Практически же для балок высотой 50—60 см и даже 40 см трудно осуществить достаточно прочный хомут из планок размеров, указанных в таблице.

Это условие диктуется хотя бы необходимостью сбивать планки между собой несколькими гвоздями и допусκαемым расстоянием между гвоздями и краями планок.

При небольших размерах планок они могут расколоться.

Отсюда можно сделать вывод, что в практике строительства минимальный размер сечения планки нужно считать 1,9—2,5×7 или 8 см.

Для балок с высотой $h > 60$ см необходимо пользоваться таблицами для установления размеров планок.

3. Расчет гвоздевых соединений хомутов

Планки хомутов в пересечениях сбиваются гвоздями.

Очевидно, что в зависимости от размеров балки изменяется нагрузка на узел хомута.

Выведем формулу для определения нагрузки на узел хомута:

$$P = \frac{q \cdot l_1}{2};$$

l_1 — расстояние между хомутами,

q — интенсивность веса балки.

$$q = 0,00375 \cdot 0,6h^2.$$

$$P = \frac{0,00375 \cdot 0,6}{2} h^2 l_1 = 0,00112 h^2 l_1 \text{ кг}$$

(h и l_1 — размеры в сантиметрах).

По этой формуле нетрудно подсчитать узловую нагрузку хомута, зная высоту балки h и расстояние между хомутами.

По найденному усилию P определяем количество гвоздей, потребных для каждого узла хомута, по следующей формуле:

$$n = \frac{P}{p},$$

где p — допускаемая нагрузка на один гвоздь.

Ниже приводится таблица допускаемых нагрузок на один гвоздь, в зависимости от его размеров.

Таблица 8

Длина гвоздя в миллиметрах	50	63	75	100
Средняя допускаемая нагрузка в килограммах . .	43	53	77	100