

УДК 624.155.9; 624.154.9

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТИПОВ ПРОФИЛЕЙ ШПУНТОВЫХ СВАЙ

БОЛЬШАКОВ В.И.¹, *д.т.н, проф.*

НОСЕНКО О.П.², *к.т.н., доц.*

¹ Кафедра материаловедения и обработки материалов, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 745-23-72, e-mail: bolshakov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

² Кафедра материаловедения и обработки материалов, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-17-31, e-mail: nosenko@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9945-260X

Аннотация. *Цель.* Разработка новых профилей стального шпунта в связи с прекращением в Украине производства горячекатаного стального шпунта. *Методика.* Разработанные новые профили стального шпунта получены расчетным путем. Новая конструкция замкового соединения (проверка прочности и жесткости) была проведена при испытании замкового соединения на прессе модели УММ-20 (масштаб 1:1). *Результаты.* На основании выполненных исследований разработаны проекты технических условий на опытные партии стального шпунта (корытного холодногнутого и трубчатого). *Научная новизна.* Решена проблема замены горячекатаного стального шпунта типа Ларсен (в тех же диапазонах справочных величин) корытным холодногнутом профилем и впервые разработаны трубчатые профили высокой несущей способности. *Практическая ценность.* Освоение производства разработанных новых профилей стального шпунта позволит удовлетворить потребности народного хозяйства Украины.

Ключевые слова: шпунт, корытный холодногнутый профиль, трубчатый стальной шпунт.

РОЗРОБКА НОВИХ ТИПІВ ПРОФІЛЕЙ ШПУНТОВИХ ПАЛЬ

БОЛЬШАКОВ В.И.¹, *д.т.н, проф.*

НОСЕНКО О.П.², *к.т.н., доц.*

¹ Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 745-23-72, e-mail: bolshakov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

² Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-17-31, e-mail: nosenko@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9945-260X

Анотація. *Мета.* Розробка нових профілів сталевго шпунта у зв'язку з припиненням в Україні виробництва горячекатаного сталевго шпунта. *Методика.* Розроблені нові профілі сталевго шпунта, отримані розрахунковим шляхом. Нова конструкція замкового з'єднання (перевірка міцності і жорсткості) була проведена при випробуванні замкового з'єднання на пресі моделі УММ-20 (масштаб 1: 1). *Результати.* На підставі виконаних досліджень розроблено проекти технічних умов на дослідні партії сталевго шпунта (коритного холодногнутого і трубчастого). *Наукова новизна.* Вирішена проблема заміни горячекатаного сталевго шпунта типу Ларсен (у тих же діапазонах довідкових величин) коритним холодногнутом профілем та вперше розроблені трубчасті профілі високої несучої здатності. *Практична значимість.* Освоєння виробництва розроблених нових профілів сталевго шпунта дозволить задовольнити потреби народного господарства України.

Ключові слова: шпунт, коритний холодногнутий профіль, трубчастий сталевий шпунт.

DEVELOPMENT OF NEW TYPES OF SHEET PILES PROFILES

BOLSHAKOV V.I.¹, *Doctor of Technical Sciences, Professor*

NOSENKO O.P.², *PhD in technical sciences, associate professor*

¹ Department of Materials Science and Treatment of Materials, Higher State Educational Institution «Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», Chernyshevs'kogo str., 24-A, 49600, Dnepropetrovs'k, Ukraine, tel. +38 (056) 745-23-72, e-mail: bolshakov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

² Department of Materials Science and Treatment of Materials, Higher State Educational Institution «Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», Chernyshevs'kogo str., 24-A, 49600, Dnipropetrovs'k, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-17-31, e-mail: nosenko@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9945-260X

Abstract. Purpose. Development of new profiles of steel sheet piling because production of hot-rolled steel sheet piling in Ukraine had terminated. **Methodology.** New steel sheet pile profiles obtained by calculations were developed. The new design of the interlock (tests of strength and stiffness) was carried out in press YMM-20 model (scale 1:1). **Findings.** On the basis of the research specifications on experimental batches of steel sheet pilings (troughing cold-formed and tubular) were developed. **Originality.** The problem of replacing the hot-rolled steel sheet piling Larsen type (in the same range of reference values) by troughing cold-formed profiles and tubular profiles with high load-bearing capacity was solved. **Practical value.** Mastering the production of newly developed profiles of steel sheet piling will satisfy the demands of the national economy of Ukraine.

Keywords: sheet piling, troughing cold-formed profiles, tubular steel sheet piling.

Введение

Стальные шпунтовые сваи применяются в строительстве в качестве как несущих конструкций, так и в качестве временных сооружений с их многократным (до восьми раз) использования. В качестве несущих элементов конструкций шпунтовые сваи применяются в гидротехнических сооружениях для лицевых и экранирующих стенок болюверков (шпунтовые стенки) [1...7]. В мостостроении стальной шпунт используется в стенках замкнутой формы для возведения мостовых опор, при этом требуется обеспечить водонепроницаемость шпунтового ограждения, то есть максимально снизить прохождение фильтрационных потоков через замковые соединения шпунтового ограждения. В строительстве применение стального шпунта обеспечивает крепление стенок строительных котлованов, что особенно важно при производстве работ в стеснённых условиях существующей застройки. Стальной шпунт широко используется при укреплении берегов рек и морей.

Стальной шпунт в Советском Союзе изготавливался на рельсобалочном стане устаревшей конструкции ПАО «Днепропетровский металлургический завод им. Дзержинского» [8]. На этом стане прокатывались профили стального шпунта Ларсен-4 (Л-4) и Ларсен-5 (Л-5), обеспечивающие момент сопротивления одного метра шпунтовой стенки 2200 см³ и 2960 см³ соответственно. В связи с тем, что в 2010 г. рельсобалочный цех меткомбината был закрыт, в Украине было прекращено производство стального шпунта и соответственно была прекращена его поставка в Российскую Федерацию (рельсобалочный стан Днепропетровского меткомбината был единственным поставщиком стального шпунта в СССР).

Горячекатаный шпунтовый профиль типа Ларсен состоит из трёх элементов: стенки, двух полок направленных в одну сторону и элемента замкового соединения, расположенного по краям полок. Шпунтовое ограждение (шпунтовая стенка) составляется таким образом, что две смежные шпунтины располагаются друг относительно друга симметрично нейтральной оси X-X, проходящей через замковое соединение, образуя зеркальное отображение. Поэтому наиболее удалённый элемент

профиля от оси X-X – стенка профиля, толще остальных элементов профиля. Такое расположение стенок профиля и их увеличенная толщина способствует увеличению момента сопротивления одного метра шпунтовой стенки (1 м.шп.ст.).

Полки шпунтового профиля располагаются под углом к стенке профиля, что обусловлено особенностями технологии прокатки горячекатаного в двухвалковых калибрах прокатного стана. Их толщина убывает от стенки профиля к замковым элементам. Утонение толщины полок по направлению к замковым элементам обусловлено необходимостью рационального распределения материала в плоскости поперечного сечения профиля.

Третий элемент шпунтового профиля – замковые элементы – представляют собой крючок, который в процессе прокатки в чистовом калибре прокатного стана загибается, образуя полузамкнутый элемент, обеспечивающий соединение двух загнутых элементов смежных шпунтин в замок. Требования к замковому соединению – обеспечение как прочности, так и водонепроницаемости шпунтовой стенки. Таким образом, профиль шпунтовой сваи можно представить как профиль, состоящий только из двух элементов – корытного профиля и замковых элементов.

В связи с тем, что в Украине, точно также как и в Российской Федерации, отсутствовало оборудование для производства горячекатаных профилей приступили к разработке новых типов стального шпунта, состоящее из двух элементов – холодногнутого корытного профиля с приваренными к нему замковыми элементами.

В Российской Федерации (РФ) был разработан национальный стандарт (ГОСТ Р 53629 – 2009) [11]. Шпунтовая свая состоит из двух элементов – корытного профиля, изготовленного из листовой стали толщиной 12 мм и горячекатаных замковых элементов, при этом замковые элементы, охватывающие и охватываемые, имеют различную конфигурацию.

Цель

Целью данной работы является разработка новых профилей стального шпунта в связи с прекращением в

Украине производства горячекатаного стального шпунта.

Результаты

В Украине был разработан стальной шпунт состоящий из холодногнутого корытного профиля с приваренными к его полкам замковыми элементами [12,13]. В отличие от разработки РФ в качестве замковых элементов взяты профильные трубы 80x80x11 мм серийного производства, что делает разработку нового типа стального шпунта высокотехнологичной и экономичной.

В основе разработки нового холодногнутого стального шпунта была поставлена задача обеспечить несущую способность на уровне несущей способности горячекатаных профилей стального шпунта (типа Ларсен). Поставленная задача была решена следующим образом: из листовой заготовки толщиной 10...12 мм. изготавливают корытный профиль. Полки профиля образуют со стенкой угол $90 \pm 3^\circ$, а отношение высоты профиля к его ширине (между осями Y-Y) сопряжённых шпунтин составляет 0,5...1,0, при этом каждый замковый элемент, выполненный в виде профильной трубы, примыкает к наружной поверхности полков так, что его горизонтальная ось перпендикулярна наружной поверхности полков и проходит по краю полков. Вход в замковый элемент расположен на его верхней грани, а размер входа в замок (его ширина) обеспечивает взаимный поворот шпунтин на угол $\pm 10^\circ$. Сущность разработки представлена на рис. 1а, 1б и 1в.

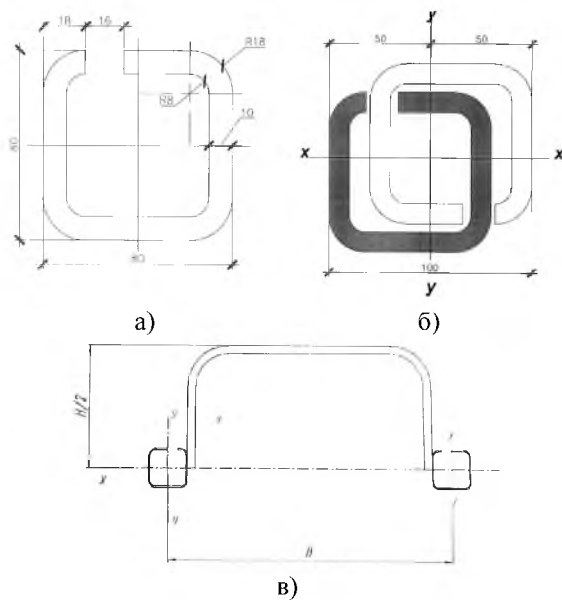


Рис. 1. Сущность предложенной разработки: а) профиль замка шпунтовой сваи; б) замковое соединение смежных шпунтовых свай; в) общий вид шпунтовой сваи / Gist of proposed design: a) profile of piling interlock; b) interlock of adjacent pilings; c) general form of pilings

Положительной стороной новой разработки – постоянство толщины всех элементов профиля, и высокая технологичность его изготовления. Постоянство толщин всех элементов профиля обеспечивает их высокую коррозионную стойкость в отличие от горячекатаных шпунтовых свай, где из-за разной толщины всех элементов профиля коррозионная стойкость определяется толщиной крючка замкового элемента. Высокая технологичность изготовления холодногнутого профиля шпунтовой сваи обусловлена одинаковой конструкцией замковых элементов, образующих замок (в отличие от разработки РФ по ГОСТ Р 53629-2009, где замковое соединение образовано двумя специальными горячекатаными профилями). Справочные величины холодногнутого стального шпунта представлены в таблице 1.

Таблица 1

Справочные величины холодногнутого корытного профилей шпунтовых свай типа ШГН (ширина между сопряжёнными сваями $B_0 = 500$ мм) / Information values for troughing cold-formed profiles of ШГН-type sheet piling (width between coupled sheet piled $B_0 = 500$ мм)

Профиль	H, мм	I_x шп.ст., см ⁴	W_x шп.ст., см ³	$F_{шп.}$ см ²	Масса (m) 1м шпунтины, кг	Масса (m) 1 м ² шп.ст., кг	$\frac{W_x}{m}, \frac{см^3}{кг}$
ШГН-15	175x2	26480	1513	113,12	88,8	177,6	8,5
ШГН-20	220x2	45696	2077	122,12	95,9	191,7	10,8
ШГН-24	250x2	60414	2417	128,12	100,6	201,2	12,0
ШГН-27	275x2	75674	2752	133,12	104,5	209,0	13,2
ШГН-31	300x2	93038	3100	138,12	108,4	216,8	14,3

Разработанная серия профилей ШГН-15...ШГН-31 полностью удовлетворяют потребности народного хозяйства Украины как при строительстве причальных сооружений (ШГН-31), так и в строительстве (ШГН-15...ШГН-20). Следует отметить, что ранее в Украине (в СССР) производилось только два профиля стального шпунта Л4 ($W = 2000$ см³/м.шп.ст.) и Л5 ($W = 2960$ см³/м.шп.ст.), более того, предложенные профили стального шпунта более экономичны, чем горячекатаные профили Л4 и Л5. Например, удельные показатели использования материала профилей Л5 и ШГН-31 соответственно 12,4 и 14,3 см³/кг.

Таким образом, предложенная конструкция холодногнутого профиля шпунтовой сваи обеспечивает несущую способность 1м³ шпунтовой стенки наравне с несущей способностью горячекатаного шпунта типа Ларсен, повышенную коррозионную стойкость из-за одинаковой толщины всех элементов профиля и отмечается простотой

изготовления профиля стального шпунта и его монтажа в шпунтовое ограждение.

В Российской Федерации также разработаны стандарты на профили стального шпунта трубчатого сечения (ГОСТ Р 52664-2006) [10]. Это профили ШТС, изготавливаемые на заводах металлических конструкций, которые предназначены для применения в конструкциях шпунтовых стен капитальных и временных сооружений различного назначения, возводимых во всех климатических районах строительства. Профили ШТС изготавливают из стальных электросварных прямошовных труб по ГОСТ 10704 или по ГОСТ 20295, к которым сварными соединения крепят два замковых элемента, располагаемых в рядовых профилях в диаметральной плоскости. Профили ШТС изготавливают из марок стали Ст3пс, Ст3сп, Ст3пс3 и Ст3сп3. В профилях ШТС применяют трубы диаметром 530...1220 мм с толщиной стенки 9...16 мм. Момент сопротивления для ШТС 530x10 мм – 2080 см³, для ШТС 1220x12 мм – 13620 см³.

В Украине нами разработаны профили стального шпунта трубчатого сечения ШТН повышенной несущей способности диаметром 508x10 мм...1420x22 мм [14] (см. рис.2).

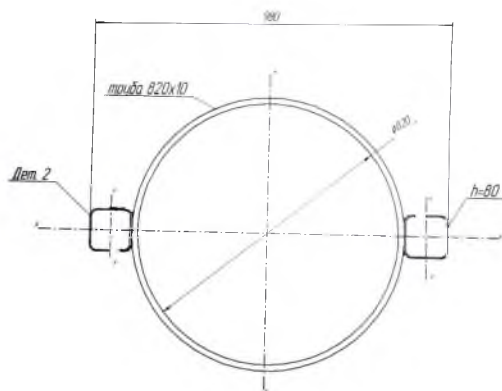


Рис.2. Профиль стального шпунта трубчатого сечения ШТН повышенной несущей способности / Steel heavy-duty sheet piling profile ШТН

Момент сопротивления 1 метра шпунтовой стенки соответственно 3160 см³ (ШТН-30) и 21880 см³ (ШТН-220). Профили ШТН изготавливают из стали марки Ст3 сп5 по ГОСТ 380-2005 и из низколегированной стали повышенной прочности по ГОСТ 19281-88 (например, сталь марки 09Г2С) в отличие от разработки Российской Федерации. В качестве замковых элементов применяют профильные трубы размером 80x80x11 мм, то есть замковые элементы одинаковы как для холодногнутого корытного стального шпунта, так и для трубчатого стального шпунта. Применение унифицированного замкового элемента для всех типов стального шпунта позволяет сделать его производство шпунта более технологичным. Таким образом, если производство холодногнутого корытного профиля и трубчатых профилей не

вызывает проблем, то разработка технологии изготовления унифицированного замкового элемента требует дополнительного исследования. Следует оценить прочностные характеристики замкового соединения, его деформируемость и степень его водонепроницаемости.

Испытанию на прочность подвергались два вида замковых соединений: с цилиндрическими элементами в виде круглой трубы и с квадратными элементами в виде профильной трубы с квадратным поперечным сечением. Оба элемента, круглый и квадратный, имели прорезы для вхождения элементов в зацепление и образования замкового соединения.

Для проведения испытаний были изготовлены специальные образцы из горячекатаной трубы Ø78x8 мм и профильной трубы 80x80x11 мм длиной по 100 мм. К трубам были приварены пластины размером 100x250x20 мм для закрепления образцов в зажимах пресса. Испытания проводились на прессе УММ-20.

Замковые соединения с цилиндрическими элементами часто применяются в международной практике (Япония, Прибалтика и др.). На рис.3а-г представлен процесс деформации элементов такого замкового соединения.

После включения пресса и натяжения замковых элементов видно, как ветви сферических поверхностей, соприкасающихся друг с другом под действием растягивающего усилия пресса, начали разгибаться. При этом зазор между сферическими поверхностями стал заметно уменьшаться. На последующем этапе края сферических элементов плотно сомкнулись и под действием растягивающего усилия пресса начали скользить одна по другой, после чего они вышли из зацепления. Усилие, при котором элементы замка вышли из зацепления, составило 4,8 тонн. Всего было испытано шесть замковых соединений. Максимальное усилие при выходе из зацепления составило 5,7 тонн.

Замковые соединения с квадратными элементами были изготовлены из профильных труб квадратного поперечного сечения первоначально размером 80x80x8 мм, а затем размером 80x80x11 мм. Особенностью разработанного элемента замкового соединения – его унификация. При помощи замкового элемента такой конструкции имеется возможность соединения сопряженных шпунтин различной конструкции – как трубчатого стального шпунта, так и корытного холодногнутого профиля. На рис. 4а-г представлен процесс деформации элементов замкового соединения при приложении растягивающего усилия по оси Х-Х (вдоль оси Х-Х шпунтовой стенки).

При приложении растягивающего усилия видно как сразу крайние участки замковых элементов, прилегающие к прорезам элементов и расположенные перпендикулярно к плоским (без прорезей) стенкам элементов, «упираются» в плоские части замковых элементов, что обеспечивает высокое сопротивление и прочность замковому соединению

сопряжённых шпунтин и способствует снижению фильтрационных потоков. Такое «упирание» недеформированных элементов замкового соединения наблюдается вплоть до выхода элементов из соединения. Это положительный фактор, обеспечивающий жёсткость и прочность всей конструкции шпунтовой стенки.

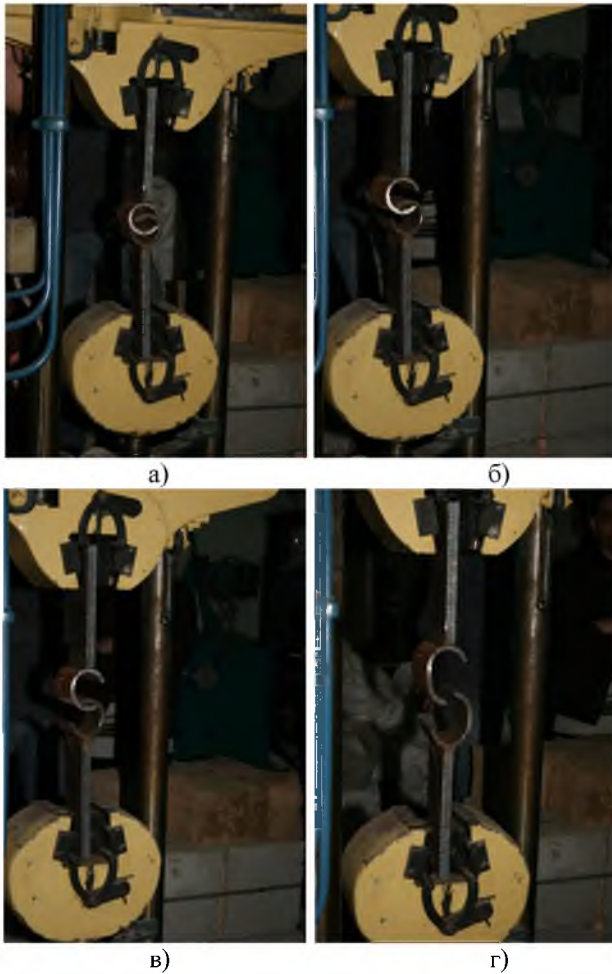


Рис. 3. Этапы процесса деформации элементов замкового соединения с цилиндрическими элементами / Stages of deformation of interlock with tubular elements

Одновременно с выявленным положительным эффектом новой конструкции замкового соединения выявился нежелательный эффект – отгиб, а затем постепенное разгибание плоских граней элементов вплоть до угла 135° . Отгибание краев замковых элементов наблюдалось и при испытании замковых соединений с цилиндрическими элементами, однако в отличие от замковых соединений с цилиндрическими элементами в замковых соединениях, изготовленных из элементов профильных труб, в последнем случае жёсткость замкового соединения сохраняется вплоть до выхода элементов из соединения. Усиление при выходе из зацепления – 5,3 тонн.

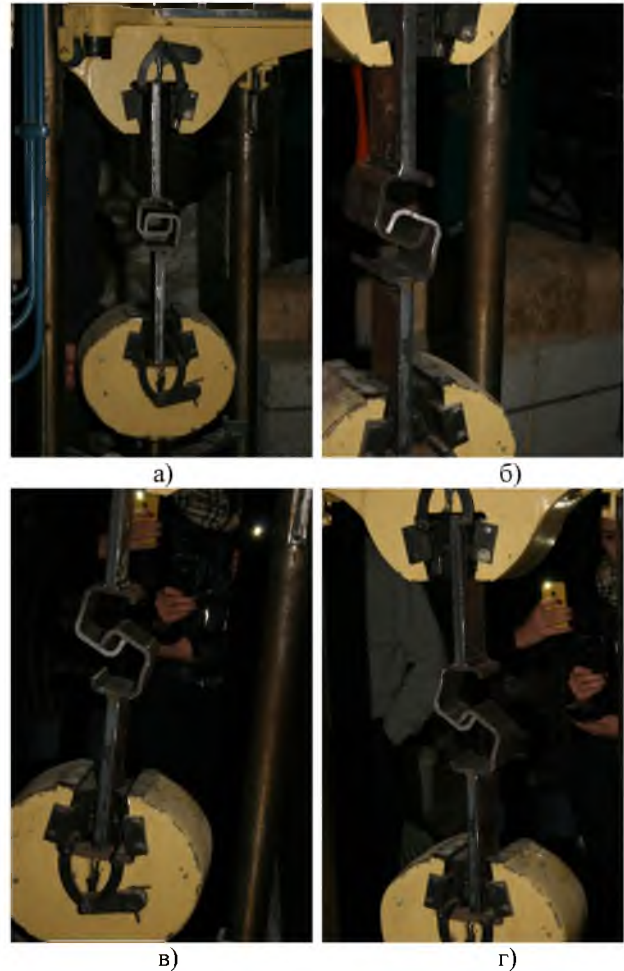


Рис. 4. Этапы процесса деформации элементов замкового соединения при приложении растягивающего усилия по оси X-X / Stages of deformation of interlock with stress, applied along X-X axis

Характер деформации замкового соединения по оси Y-Y (нагрузка от навалов судов – перпендикулярно оси X-X шпунтовой стенки) носит иной характер. При приложении растягивающего усилия вдоль оси Y-Y плоские элементы замкового соединения, прилегающие к прорезам, сразу вплотную соприкоснулись друг к другу по всей ширине. Отгиб соприкасающихся элементов замкового соединения начинает наблюдаться только на 117 секунде испытаний (при общем времени испытаний 160 секунд). После начала отгиба элементов замкового профиля контактирующие плоскости начинают заметно отклоняться от горизонтальной плоскости, а затем эти элементы выходят из зацепления. Усиление при выходе из зацепления – 7,5 тонн.

Выводы

1. Разработаны новые конструкции стальной шпунтовой сваи – корытный холодногнутый профиль с приваренными к полкам профиля элементами замкового соединения в виде профильной трубы

80x80x11 мм и трубчатый стальной шпунт с приваренными к наружной стенке трубы двух замковых элементов аналогичной конструкции.

2. Разработанная новая конструкция элементов замкового соединения является унифицированной, то есть может быть использована для соединения сопряжённых шпунтин как корытного, так и трубчатого профиля.

3. Диапазон справочных величин профиля холодногнутого стального шпунта охватывает весь

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стальные шпунтовые сваи в портовом гидротехническом строительстве. Н.В.Красов. - М. Транспорт, 1982 г.
Steel sheet pilings in harbour hydraulic engineering. N.V. Krasov. – Moscow. Transport Publ., 1982.
2. Усиление портовых сооружений. А.Я. Будин, М.В. Чекренива. – М. Транспорт, 1983, 178 с.
Strengthening of harbour installations. A.Ya. Budin, M.V. Chekreneva. – Moscow. Transport Publ., 1983, 178 p.
3. Гидротехнические сооружения на внутренних водных путях. А.С. Быков, В.В. Бочаров. – М.:Транспорт, 1987, 288 с.
Hydraulic installations in inland waterways. A.S. Bykov, V.V. Bocharov. – Moscow. Transport Publ., 1987, 288 p.
4. Авторский надзор за портовыми гидротехническими сооружениями. М.Б. Пойзнер, В.Г. Яковенко. М.:Транспорт, 1990, 159 с.
Construction design supervision for harbor hydraulic installations. M.B. Poizner, V.H. Yakovenko. – Moscow. Transport Publ., 1990, 159 p.
5. Портовые гидротехнические сооружения. В.Б.Гуревич, В.Э. Даревский, В.Ф. Самарин, Ю.М.Федоров. М.- Транспорт, 1992, 256 с.
Harbor hydraulic installations. V.B. Hurevich, V.E. Darevskii, Yu.M. Fedorov. – Moscow. Transport Publ., 1992, 256 p.
6. Инженерные конструкции портовых сооружений. Ю.И. Васильевский. К. : ИСДО, 1993, - 456 с.
Engineered structures of harbor installations. Yu.I. Vasil'evskii. Kyiv.: ISDO, 1993, - 456 p.
7. Строительство портовых гидротехнических сооружений из сварного шпунта. О.Н. Чеботарев, М.Б. Пойзнер, М.П. Дубровский. - М: Транспорт, 1993, 176 с.

диапазон справочных величин горячекатаного стального шпунта типа Ларсен. Справочные величины трубчатого стального шпунта – это шпунт повышенной несущей способности ($W=3100\dots21800\text{ см}^3$).

4. Проведенные натурные испытания замкового соединения новой конструкции (масштаб 1:1) подтвердили, что он обеспечивает как жесткость так и прочность конструкции шпунтовой стенки.

- Construction of harbour hydraulic installations from welded sheet piling. O.N. Chebotarev, M.B. Poizner, M.P. Dubovskii. – Moscow. Transport Publ., 1993, 176p.
8. Освоение профиля шпунтовой сваи повышенной несущей способности. О.П.Носенко, М.М.Гелерман, Ю.И.Гладилин, Л.И.Романюха, Е.А.Мильман, А.П.Богданов. Сталь.- 1989.-№2 с.48-51.
Assimilation of heavy-duty sheet piling profile. O.P. Nosenko, M.M. Helerman, Yu. I. Hladilin, L.I. Romaniukha, E.A. Mil'man, A.P. Bohdanov. Steel. – 1989. - №2, - pp. 48-51.
 9. Замковые соединения стального шпунта. В.И. Большаков, О.П. Носенко. – Строительство, материаловедение, машиностроение// Сб. научн. трудов. Вып. 67. Дн-вск, ГВУЗ «ПГАСА», 2013. – 430 с.
Interlocks of sheet piling. V.I. Bol'shakov, O.P. Nosenko. – Civil engineering, materials science, machine engineering // Collection of scientific papers, Vol. 68. Dn-vsk, PSACEA, 2013. – 430 p.
 10. Шпунт трубчатый сварной. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2007. - 12с.
Weldable tubular sheet pile. Specifications. – Moscow.: Standartinform, 2007. – 12 p.
 11. Шпунт и шпунт-сваи из стальных холодногнутых профилей. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2010. -19 с.
Sheet pile and piling from steel cold-formed profiles. Specifications. – Moscow.: Standartinform, 2010. – 19 p.
 12. Промислова власність. Замкове з'єднання стального шпунта, бюлл. №8, 25.04.13.
Industrial property. Interlock of steel sheet piling, report №8, 25.04.13.
 13. Промислова власність. Шпунтова паля, бюл. №10, 27.05.13.
Industrial property. Sheet pile, report №10, 27.05.13.
 14. Патент на винахід №106868. Бюл.№19, 10.10.2014.
Industrial patent. №106868. Report №19, 10.10.2014.

Статья рекомендована к публикации д-ром. техн. наук, проф. Е.А. Егоровым (Украина); д-ром. техн. наук, проф. В. Л. Красовским (Украина).

Поступила в редколлегию 21.01.2015

Принята к печати 24.03.2015