Проектирование и моделирование в VBA, VLISP параметров траектории пилотной скважины при строительстве трубопроводов методом горизонтально-направленного бурения

Программирование и моделирование в VBA, VLISP позволяют оптимизировать разработку проектов строительства переходов трубопроводов методом горизонтально-направленного бурения. Моделирование и анализ вариантов осуществляется посредством пользовательских приложений разработанных для рассмотрения различных технологических процессов. Диалоговые окна пользовательских приложений состоят из блоков – исходных и результирующих данных. Формулы, промежуточные расчеты и условия описываются кодом с различными расчетными схемами.

ервоначально на основании материалов инженерных изысканий учитывая характер водной преграды,

геологические условия, планововысотные деформации русла, допустимые радиуса трассировки, разрабатывается план и продольный профиль подводного перехода.

Траектория скважины определяется нормативным расположением участков перехода от естественных, искусственных препятствий, условиями подачи трубопровода в скважину и его стыковки с прилегающими участками линейной части.

При выборе створа перехода с учетом расположения точек входа и выхода на стадии предварительного профилирования, изыскательских работ следует предусмотреть устройство:

- на стартовом берегу площадки №1 под буровую установку;
- на финишном берегу площадки №2 для технологических операций по сборке – разборке компоновок и площадки №3 для монтажа, сварки, испытания рабочего трубопровода и кожуха.

Заглубление трубопровода следует принимать не менее 6 м от самой низкой отметки дна на участке перехода и не менее 3м от линии возможного размыва или прогнозируемого дноуглубления русла. В случае, если прогнозируются поглощения и грифоны, то на стадии проектирования пилотной скважины необходимо обозначить интервалы бурения пилотной скважины на пенных системах и отметки обустройства разгрузочного коллектора. Разгрузочный коллектор – закрытая горная выработка, соединяющая внутреннюю полость горизонтально-направленной скважины с системой регенерации бурового раствора, оснащенной автоматикой и погружным насосом, максимально приближенному к скважине. Разгрузочный коллектор предназначен для сброса избыточного давления и отбора промывочной жидкости в процессе строительства перехода (рис.1).



Рис. 1. Структурная схема системы управления разгрузочным коллектором закрытого типа

Окончательный проект профиля перехода должен быть обоснованным и экономически оправданным.

На продольном профиле скважины должны быть указаны:

- траектория скважины;
- координаты точек, длины составляющих участков и углы входа – выхода перехода;
- радиусы трассировки криволинейных участков;
- проектное положение трубопровода;
- глубина заложения;
- линии предельного размыва;
- буровые скважины и геологическое строение;
- координаты и конструкция разгрузочного коллектора;
- характерные уровни воды.

Прогноз деформаций русла и берегов составляется на расчетный 3-х кратный период эксплуатации перехода (100 лет).

Минимальное расстояние между параллельными трубопроводами, прокладываемыми способом ННБ, определяется проектом и должно быть не менее 10 м.

Углы входа и выхода скважины должны соотноситься с радиусом трассировки и параметрами водной преграды. Угол входа определяется топографическими и геологическими условиями и обычно находится в интервале 8–15°.

Угол выхода скважины, должен по возможности находиться в пределах 5–8°. Монтажная схема расстановки роликовых опор и трубоукладчиков должна обеспечить подачу трубопровода при его протаскивании в скважину под углом равным углу выхода пилотной скважины. Диаметр дюкера накладывает ограничения на высоту его подъема и требует обустройства насыпной дамбы. Поэтому для трубопроводов большего диаметра следует назначать меньшие значения угла выхода.

Длину прямолинейных участков следует принимать с учетом:

- стыковки участка ННБ со смежными участками трубопровода;
- допустимых напряжений в трубопроводе при его протаскивании.

Радиусы трассировки

проектируемой скважины должны быть не менее допустимого радиуса упругого изгиба трубопровода.

Минимальный радиус упругого изгиба трубопровода принимается:

R≥1200 D_н,

D_н – наружный диаметр трубопровода, м.

В практических целях следует выбирать больший радиус трассировки. Диаметр ствола скважины (D_c) принимается в зависимости от геологических условий в пределах:

$D_c = (1,2{\div}1,5) D_H$

Большие значения следует принимать для рыхлых грунтов, содержащих крупные фракции и обломки породы, а также в слоистых толщах.

В проекте переходов методом ННБ через искусственные водные преграды должны учитываться технические условия гидротехнических сооружений и требования их пользователей.

При проектировании перехода в скальных породах или гравийногалечниковых (щебенистых) грунтах с отдельными валунами или их скоплениями, для сохранности изоляционного покрытия трубопроводной плети, должен быть применен кожух на всю длину скважины, с использованием предохранительных колец-центраторов.

С учетом вышеизложенных норм и рекомендаций по проектированию подводных переходов методом ННБ, построение траектории пилотной скважины может быть выполнено с помощью программных модулей на языке VBA и VLisp для AutoCad. Основные расчетные формулы и схема траектории предоставлены на рис. 2.



Рис. 2. Схематические параметры траектории на участке входа и расчетные формулы

D1— угол входа, град; H1— разница высотных отметок по входу, м; Y1— вертикальная проекция криволинейного участка, м; Lнак.— длина наклонного участка, м;

Аналогично для участка выхода.

Lкр. – длина криволинейного участка, м; R – радиус кривизны, м; Lкр. = 2πRD1/360; Y1 = R(1–Cos(D1)); Lнак. = (H1–Y1)/Sin(D1);

Один из вариантов программного кода для расчета длин и координат перехода:

Const п As Single =3.14 Dim R, L, L1, L2 , L3 , L4 , L5 , D , H1, H2, Z1,Z2,XP1,XP2,XP3,XP 4, XP5 , YP1 , YP2 , YP3 , YP4 , YP5 As Single

Private Sub UserForm_Initialise () ComboBox1.AddItem "0,426", *включается типоразмер стальных труб* ComboBox1.AddItem "0,530" ComboBox1.AddItem "0,720" ComboBox1.AddItem "0,820" ComboBox1.AddItem "1,020" ComboBox1.AddItem "1,220" ComboBox1.AddItem "1,420" End Sub

 $\begin{array}{l} \mbox{Private Sub CommandButton1_Click ()} \\ \mbox{D} = (ComboBox1) \\ \mbox{ComboBox1} = Format (D, "Fixed") \\ \mbox{R} = 1200^*D \\ \mbox{TextBox1.Value} = Format (R, " 000.00") \end{array}$

Z1 = (TextBox2.Value)Z2 = (TextBox3.Value) H1 = (TextBox4.Value) H2 = (TextBox5.Value) L2 = 2*n*R*Z1 /360 TextBox6.Value = Format (L2, "000.0"), длина 1-го криволинейного участка $L4 = 2^{*}\pi^{*}R^{*}Z2/360$ TextBox7.Value = Format (L4, "000.0"), длина 2-го криволинейного участка D1=Z1/57.32 Y1=R*(1-Cos (D1)) S1=Sin (D1) L1 = (H1 - Y1)/S1X1=L1*Cos(D1) TextBox8.Value = Format (L1, "000.0"), длина 1-го наклонного участка D2=Z2/57.32 Y2=R*(1-Cos (D2)) S2=Sin (D2) L5 = (H2 - Y2)/S2X2=L5*Cos(D2)

TextBox9.Value = Format (L5, "000.0"), длина 2-го наклонного участка участка входа, м" L3=TextBox11.Value TextBox12=Val(TextBox11) TextBox12.Value=Format(L3, "000.0") L=L1+L2+L3+L4+L5TextBox10.Value = Format (L, "000.0") If L1<=0 Then TextBox10.Text = "Откорректировать траекторию" MsgBox "Отсутствует наклонный участок входа", vbCritical, "Необходимо уменьшить угол входа." End If If L5<=0 Then TextBox10.Text = "Откорректировать траекторию" MsqBox "Отсутствует наклонный участок выхода", vbCritical, "Необходимо уменьшить угол выхода." End If End Sub Private Sub Label1 Click() Label1.Caption = "Диаметр трубопровода, м" End Sub Private Sub Label2 Click() Label2.Caption = "Радиус упругого изгиба. м" End Sub Private Sub Label3_Click() Label3.Caption = "Угол входа, град" End Sub Private Sub Label4_Click() Label4.Caption = "Угол выхода, град" End Sub Private Sub Label5 Click() Label5.Caption = "Разница глубины заложения трубопровода на подрусловом участке" End Sub Private Sub Label6 Click() Label6.Caption = "от точки входа, м" End Sub Private Sub Label7_Click() Label7.Caption = "от точки выхода, м" End Sub Private Sub Label8_Click() Label8.Caption = "Длина 1-го криволинейного участка, м" End Sub Private Sub Label9_Click() Label9.Caption = "Длина 2-го криволинейного участка, м" End Sub Private Sub Label10_Click()

Private Sub Label11 Click() Label11.Caption = "Длина наклонного участка выхода, м" End Sub Private Sub Label12 Click() Label12.Caption = "Длина перехода по траектории. м" End Sub Private Sub Label13 Click() Label13.Caption = "Длина горизонтального участка, м" End Sub Private Sub Label14_Click() Label14.Caption = "Длина горизонтального участка, м" End Sub Private Sub CommandButton2 Click() D = (ComboBox1)ComboBox1. Text= "0,426" TextBox1.Text="0" TextBox2.Text="0" TextBox3.Text="0" TextBox4.Text="0" TextBox5.Text="0" TextBox6.Text="0" TextBox7.Text="0" TextBox8.Text="0" TextBox9.Text="0" TextBox10.Text="0" TextBox11.Text="0" TextBox12.Text="0" End Sub Private Sub CommandButton3_Click() TextBox13.Text="0" TextBox14.Text=Val(TextBox4) TextBox4 = Format (H1, "000.0"),координата точки входа №1 D1=Z1/57.32 X11=L1*Cos(D1) TextBox15.Value=Format(X11, "000.0") Y11=(R-(R*Cos(D1))) TextBox16.Value=Format(Y11,"000.0"), координата точки входа №2 X12=Val(TextBox15)+(R*Sin(D1)) TextBox17.Value=Format(X12, "000.0") TextBox18.Text="0", координата точки №3 X13=X12+L3 TextBox19.Value=Format(X13, "000.0") TextBox20.Text="0", координата точки №4 D2=Z2/57.32 X14=X13+(R*Sin(D2)) TextBox21.Value=Format(X14, "000.0") Y14=(R-(R*Cos (D2)) TextBox22.Value=Format(Y14,"000.0"),

Label10.Caption = "Длина наклонного

End Sub

TextBox23.Value=Format(X15, "000.0") Y15=Y14+(L5*Sin(D2)) TextBox24.Value=Format(Y15."000.0"). координата точки №6 End Sub Private Sub Label15_Click() Label15.Caption = "точка №1" End Sub Private Sub Label16 Click() Label16.Caption = "точка №2" End Sub Private Sub Label17 Click() Label17.Caption = "точка №3" End Sub Private Sub Label18_Click() Label18.Caption = "точка №4" End Sub Private Sub Label19 Click() Label19.Caption = "точка №5" End Sub Private Sub Label20 Click() Label20.Caption = "точка №6" End Sub Private Sub CommandButton4_Click() TextBox13.Text="0" TextBox14.Text="0" TextBox15.Text="0" TextBox16.Text="0" TextBox17.Text="0" TextBox18.Text="0" TextBox19.Text="0" TextBox20.Text="0" TextBox21.Text="0" TextBox22.Text="0" TextBox23.Text="0" TextBox24.Text="0" End Sub

координата точки №5

X15=X14+(L5*Cos (D2))

После набора соответствующего кода и активизации UserForm на языке VBA необходимо сформировать диалоговое окно «Расчет элементов траектории пилотной скважины», которое будет выглядеть аналогично рис. 3.

После активизации диалогового окна и загрузки исходных данных, оно будет выглядеть согласно рис. 4.

В параметре «Диаметр трубопровода, м» выбираем соответствующий диаметр стального трубопровода. Рекомендуемые значения углов входа и выхода для соответствующих диаметров трубопроводов указаны в таблице 1 и должны быть откорректированы с учетом углов стыковки с линейной частью.

Таблица 1. Рекомендуемые углы входа-выхода для переходов выполняемых методом горизонтально-направленного бурения. Для стальных трубопроводов:

Диаметр	Угол		
трубопровода, м	входа	выхода	
	град.		
Д=1,420	9	5	
Д=1,220	9–10	5	
Д=1,020	10–12	6	
Д=0,820	12	7	
Д=0,720	12–14	8	
Д=0,530	15	8	

После определения глубины заложения горизонтального участка, вычисляется разница высотных отметок по входувыходу и данные заносятся в соответствующие ячейки диалогового окна.



Рис. 3. Сформированное диалоговое окно на этапе окончания редактирования



Рис. 6. Диалоговое окно после расчета координат узловых точек

Нажатием кнопки "Расчет участков траектории" программа выполняет геометрический расчет элементов траектории:

- радиус упругого изгиба, м;
- длину наклонного участка входа, м;
- длину 1-го криволинейного участка, м;
- длину горизонтального участка, м;
- длину 2-го криволинейного участка, м;
- длину наклонного участка выхода, м;
- общую длину траектории, м.

Последующее нажатие кнопки "Расчет координат" позволяет выполнить расчет координат 6-ти узловых точек для интервалов от точки входа до точки выхода (№1, №2, №3, №4, №5, №6). Кнопки "Отмена" предназначены для сброса и перезагрузки соответствующего ряда данных. После расчета участков траектории и координат узловых точек диалоговые окна должны содержать информацию соответственно рис. 5 и рис. 6.



Рис. 4. Диалоговое окно после активизации и ввода исходных данных

инетр труботровода, н 1,02 🔹 Ило влода, град	124	-
	and the search, then	
Result to converse internet internet	на труботравлав на подрустивні участка	
at terretakan m	at 1999 Ballan 1	6
Zhine ropider allevera everya		
Расчет участная траекторыя	-	-
2004 ABUTANTE PARTIA BISSA. N 2013	Lowe Sro-questionellero puertes, n	290,4
2.000 TEXAST TAXABLE 1 (00.5	27mm 7 m - gadaneekers yvarren, n	101,6
	2/1948 +2010/1910 1/182/188 56/1528. *	207.7
Anno potence. N M22	Reason providence	1224,00
Pacver acoppenar	Otor	-
and the second second		
Towa NPL Towa NPL Towa NPL	Tona NPA Tona NPS	lowa fille
and a second second		

Рис. 5. Диалоговое окно после расчета участков траектории

-	ana daliga, m	3	-	m.e [2	
	2 teres	specific sector	·* *	-	
	Pacietrys	астное траенторно		-	
		44.5	dana tra-pas	remainers platters	290.4
American Heating		Para and Para	× and respect		318.6
			-	Wynechia Berriak, M	040,7
21000 C	Cright approximation of	ersteining Antopa and	And and in the second	ends, s	\$224,00
				0114	-
	and the second	Constraint of the			a second

Рис. 7. Диалоговое окно с сообщением о необходимости корректировки траектории

BARAINS AND ON A MILLION	- M - 2 7 7 7
ATTICE AND STOOD	ENTO DECEMBER
Company types Mitthese	1a13 🖬
comund _1100" (0 80.0) (189.0 34.3) -)	
connand "_tam" (189.0 34.3) ")	
command "_ars" "\$189.0 34.3) ".e" "\$476.7 8	1476.7 1224.0
command - hart 1976.7 8	6
a start a	
and the second second second second	
command "_lim" "(476.7 0) "(506.7 0) "")	
command "(\$76.7 0) "(506.7 0) "") command ""(506.7 0) "")	
command	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
command \$76.7 0 \$86.7 0 command \$56.7 0 command \$505.7 0 \$505.7 0 \$505.7 0 \$25.1 5.8	1.566.7 1224.85 mg
command 100 (676.7 0) (506.7 0) command 100 (506.7 0) command 100 (506.7 0) (626.1 5.8) command 100 (626.1 5.8)	"J" ¹ (500.7 1224.8) " <mark>"</mark>
command 100 476.7 0 505.7 0 command 506.7 0 command 506.7 0 625.1 5.8 command 626.1 5.8 command 626.1 5.8	12 ¹¹⁻¹ (566.7 1224.6) 113

Рис. 8. Ввод программы через текстовый редактор VLisp

В случае отрицательного значения наклонного участка (на рис. 7 для участка входа) программа информирует об его отсутствии в конструкции перехода и рекомендует откорректировать траекторию – уменьшить угол входа.

Ввод программы параметрического изображения траектории пилотной скважины может быть выполнен через текстовый редактор VLisp для AutoCAD (рис. 8).

После загрузки программы и активизации AutoCAD выполняет автоматически построение траектории рис. 9 и 10.

Параметры выполненного построения должны совпадать с данными расчетов интервалов траектории и координат, выполненных в формате VBA.

Как правило, траектории скважин проектируются прямолинейными в плане, однако фактическая траектория пилотной скважины представляет собой кривую как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости. Поэтому расчет фактического радиуса кривизны скважины долж√ен производится с учетом зенитного и азимутального искривления по формуле [1]:

$$R = \frac{57, 3\Delta \lambda}{\delta}$$

где величина фактического приращения суммарного угла δ определяется: $\delta = \sqrt{\Delta \alpha^2 + (\Delta \phi Sina_{cp})^2}$, [м], [град]

δ – приращение суммарного угла [град]:

Δα – приращение зенитного угла [град];

α_{cp} – среднее значение зенитного угла искривления [град];

ΔΦ – приращение азимутального угла [град];

 Δl – шаг замера [м]. Анализ фактических и проектных радиусов искривления может быть выполнен в формате VBA после набора соответствующего кода Const B As Single = 57.3 Const k As Single = 1200, коэффициент для расчета проектного радиуса кривизны Dim z, h, Zcp, I, d, P, A, E, U, S As Sinale Private Sub CommandButton1_Click() z = (TextBox1.Value)h = (TextBox2.Value)Zcp = (TextBox3.Value) d = (TextBox7.Value) $Q = z^{2}$ $W = (h * Sin(Zcp)) ^ 2$ $R = B * d / ((Q + W) ^ 0.5),$ формула для расчета фактического радиуса кривизны TextBox4.Value = Format(R, «###») I = (TextBox5.Value) N = k * I.формула для расчета проектного радиуса кривизны TextBox6.Value = Format(N, «###») d = (TextBox7.Value) P = (TextBox8.Value) If P <= 50 Then TextBox9.Text = «1-наклонный участок-15 град.» End If If P > 50 Then TextBox9.Text = «1-й криволинейный *часток*» End If If P > 230 Then TextBox9.Text = «горизонтальный **участок**» End If If P > 260 Then TextBox9.Text = «2-й криволинейный участок» End If If P > 460 Then TextBox9.Text = «2-й наклонный участок – угол 6 град» End If

A = (TextBox10.Value) E = (TextBox11.Value) Y = 2 * E * Cos(A)U = Y / (1 - Sin(A)),

теоретический предел прочности грунта на сжатие



Рис. 9. Результирующее построение в AutoCAD – участок входа



Рис. 10. Результирующее построение в AutoCAD – участок выхода

TextBox12.Value = Format(U, «0.000») S = Y / (1 + Sin(A)), теоретический предел прочности грунта на растяжение	TextBox6.Text = «0» TextBox7.Text = «0» TextBox8.Text = «0» TextBox9.Text = «0»	Private Sub Label3_Click() Label3.Caption = "Средний зенитный угол, радиан" End Sub
TextBox13.Value = Format(S, «0.000») If R <n then<br="">MsgBox "Откорректировать траекторию", vbCritical, "Необходимо уменьшить интенсивность искривления." End If End Sub Private Sub CommandButton2_Click()</n>	TextBox10.Text = «0» TextBox11.Text = «0» TextBox12.Text = «0» TextBox13.Text = «0» End Sub	Private Sub Label4_Click() Label4.Caption = "Радиус фактический, м" — End Sub
	Private Sub Label1_Click() Label1.Caption = "Приращение зенитного угла, м" End Sub	Private Sub Label5_Click() Label5.Caption = "Диаметр трубопровода, м"
TextBox1.Text = «0» TextBox2.Text = «0» TextBox3.Text = «0» TextBox4.Text = «0» TextBox5.Text = «0»	Private Sub Label2_Click() Label2.Caption = "Приращение азимута, м" End Sub	— End Sub Private Sub Label6_Click() Label6.Caption = "Радиус проектный, м" End Sub



Рис. 11. Модуль "Расчет радиуса изгиба оси скважины" после активизации диалогового окна и ввода исходных данных



Рис. 12. Модуль "Расчет радиуса изгиба оси скважины" после обработки исходных данных



Рис. 13. Модуль "Расчет радиуса изгиба оси скважины" в случае выдачи сообщений о необходимости корректировки траектории

Private Sub Label7_Click() Label7.Caption = "Шаг замера, м" End Sub

Private Sub Label9_Click() Label9.Caption = "Забой, м" End Sub

Private Sub Label10_Click() Label10.Caption = "Угол внутреннего трения, м" End Sub

Private Sub Label11_Click() Label11.Caption = "Сила сцепления, МПа" End Sub

Private Sub Label12_Click() Label12.Caption = "Прочность грунта на одноосное сжатие, м" End Sub

Private Sub Label13_Click() Label13.Caption = "Прочность грунта на растяжение, м" End Sub

После формирования и активизации диалоговое окно будет выглядеть аналогично рис. 11. Ввод исходных данных охватывает следующие параметры:

- приращение зенитного угла, град.;
- приращение азимута, град.;
- средний зенитный угол, рад;
- шаг замера, м;
- диаметр трубопровода, м;
- забой, м;
- угол внутреннего трения, рад.;
- сила сцепления, Мпа.

Последующее нажатие кнопки "Ок" позволяет выполнить расчет в соответствии с рис. 12.

В случае, если фактический радиус меньше проектного программа информирует через msg сообщение о необходимости корректировки траектории и рекомендация на уменьшение интенсивности искривления (рис. 13).

Литература:

- А. И. Булатов, Ю. М. Проселков «Решение практических задач при бурении и освоении скважин», Краснодар,
 - «Советская Кубань», 2006. •