Name of Candidate: Boshra Louiz Bishara Girgis **Degree: Ph. D**

Title of Thesis: Study The Performance of Microtube as an Emission Point in Micro-Irrigation System.

Supervisors: Prof. Dr. Mohamed Hanafy Hassan

Prof. Dr. Azmy Mahmoud El-Berry

Prof. Dr. Eng. Ahmed Rida Abu-Habsa

Department: Agricultural Engineering, Fac. of Agric., Cairo University.

Branch: Soil and water Engineering **Approval: / /2005**

ABSTRACT

Studies were conducted to investigate the performance of microtube as an emission point in microirrigation system. The first one was to study the hydraulics of microtube emitters, to get a suitable empirical equation for predicting discharge rates, depending on the data of the experimental determination of these rates under different conditions. The second was to calculate the friction factor in polyethylene pipes applying Darcy-Weisbach equation. The third was to apply modeling techniques to form a simple model for designing single microirrigation lateral with the microtube as an emission device using the experimental data that was simulated the uniformity coefficient of water application.

The current investigation was carried out in Hydraulic National Lab of Agricultural Eng. Research Institute in Dokki, Giza. The first laboratory experiments were conducted to study the relationship between the parameters microtube diameter (d), microtube length (l), operating head (p), lateral diameter (D) and microtube discharge (q) as estimated for turbulent flow conditions. A computer numerical analysis program (the least square method) was used to determine empirical equation (4.1) for flow rate of microtube diameters 3.15 and 4.3 mm as follows:

$$q = kp^{a} d^{b} l^{c} (d / D)^{e} \qquad (4.1)$$

in which q = the discharge of the microtube (L/h); p = the pressure at entrance of microtube (bar); d = the inside diameter of microtube (mm); l = the length of microtube emitter (m); D = the internal diameter of lateral (mm); and k, a, b, c, e = the constants. The values of constants k, a, b, c and e are given as 2.8, 0.62, 2.54, -0.26 and -0.5 respectively. The equation has correlated the observed values with a correlation coefficient of 0.92. The microtubes length about of meter or less affects the discharge values for microtube (3.15 and 4.3 mm), and inereasing of microtube length decreases the values of discharge. Each microtube diameter and lateral diameter has its effect on the mierotube discharge.

In the second laboratory experiments for evaluating the average friction factor, relative roughness and absolute roughness, these values were found 0.039081, 0.0063 and 0.084 mm respectively for the lateral size of 13.35 mm. The average friction factor, relative roughness and absolute roughness values were found 0.039074, 0.0073 and 0.118 mm for the lateral size of 16.15 mm. The average friction factor, relative roughness and absolute roughuess values were found 0.037328, 0.005 and 0.09 mm for the lateral size of 18.2 mm. The Reynolds number was found to increase from 6376.8 to 16779.6 for the lateral size of 13.35 mm with increase in the flow velocity from 0.45 to 1.2 m/s. The Reynolds number was found to increase from 8971.6 to 21613.3 for the lateral size of 16.15 mm with increase in the flow velocity from 0.523 to 1.26 m/s. The Reynolds number was found to increase from 11327.2 to 26947.8 for the lateral size of 18.2 mm with increase in the flow velocity from 0.586 to 1.39 m/s. The total range of Reynolds number was found to be on the side of the turbulent range for the microirrigation lateral sizes of 13.35, 16.15 and 18.2 mm. The measured and calculated pressure drop is highest for small lateral diameter 13.35 mm and that with increasing of lateral diameter the measured and calculated pressure drop will decrease.

A computer model for designing single microirrigation lateral with the microtube as an emission deviee was constructed to determine the microtube discharge and operating pressure at inlet of the microtube; to predict the friction factor and Reynolds number along lateral line; to calculate the head loss along lateral line and to evaluate the Christiansen's uniformity coefficient.

اسم الطالب: بشرى لويز بشارة جرجس الدرجة: دكتوراه
عنوان الرسالة: دراسة أداء الأنبوب الدقيق كنقطة بث في نظام الرى الدقيق.
المشرفون: أ. د / محمد حنفى حسن
أ. د / عزمى محمود البرى
د / أحمد رضا أبوحبسة
قسم: الهندسة الزراعية- كلية الزراعة- جامعة القاهرة
فرع: هندسة الأراضى والمياه تاريخ منح الدرجة: / /٢٠٠٥

الملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة أداء الأنبوب الدقيق كنقطة بث في نظام الرى الدقيق. التجربة العملية الأولى تهدف إلى دراسة العوامل المؤثرة (القطر الداخلي للأنبوب الدقيق، طول الأنبوب الدقيق، ضغط التشغيل، القطر الداخلي للخط الفرعى) على تصرف الأنابيب الدقيقة لإيجاد معادلة لحساب تصرف الأنابيب الدقيقة مثل المنقطات من التجارب العملية. التجربة العملية الثانية تهدف إلى حساب معامل الاحتكاك والخشونة النسبية للخطوط الفرعية المصنعة من مادة البرلي ايثلين. وثالثا: إنشاء برنامج باستخدام الحاسب الآلي لخط فرعى مفرد مصنع من مادة البولي ايثلين حيث وضعت عليه الأنابيب الدقيقة تعمل كمنقطات.

تم إجراء التجارب المعملية في معمل الهيدروليكا بمعهد بحوث الهندسة الزراعية بالدقى. وتوصلت النتائج من التجربة الأولى إلى معادلة لحساب تصرف الأنابيب الدقيقة ذات قطر داخلي (٣,١٥، ٤,٣ مم) توضح العلاقة بين قطر وطول الأنابيب الدقيقة وضغط التشغيل وقطر الخط الفرعى في حالة السريان المضطرب. وقد حسبت باستخدام برنامج التحليل العددي (طريقة المربعات الصغرى) كما يلي:

$$q = kp^{a} d^{b} l^{c} (d / D)^{e}$$

حيث: q = تصرف الأنابيب الدقيقة (لتر/ساعة)؛ p = ضغط التشغيل عند مدخل الأنبوب الدقيق (بار)؛ d = القطر الداخلي للأنبوب الدقيق (مم)؛ l = طول الأنبوب الدقيق (م)؛ D = القطر الداخلي للخط الفرعى (مم)؛ k, a, b, c, e = ثوابت. وجدت الثوابت (k, a, b, c, e) في المعادلة وهى على الترتيب (٢,٨، ٠,٦٢، ٢,٥٤، -٠,٢٦، -٠,٥)، وكان معامل الارتباط للقيم ٠,٩٢. اتضح أن طول متر من الأنبوب الدقيق أو أقل عامل مؤثر علي كمية التصرف الخارجة من الأنابيب الدقيقة ذات قطر داخلي (٣,١٥، ٤,٣ مم)، وكلما زاد طول الأنبوب الدقيق تقل كمية التصرف الخارجة منه. وزيادة قطر كل من الأنابيب الدقيقة والخط الفرعى تزيد كمية التصرف الخارجة من الأنابيب الدقيقة. زيادة نسبة قطر الأنبوب الدقيق إلى قطر الخط الفرعى تقل كمية التصرف.

وجد من التجربة الثانية أن رقم رينولد يزيد من ٦٣٧٦,٨-١٦٧٧٩,٦ عند زيادة سرعة السريان من ٠,٤٥-١,٢ م/ث لخط فرعى مصنع من مادة البولي ايثلين ذات قطر داخلي ١٣,٣٥ مم. وجد أيضا أن رقم رينولد يزيد من ٨٩٧١,٦-٢١٦١٣,٣ عند زيادة سرعة السريان من ٠,٥٢٣-١,٢٦ م/ث لخط فرعى مصنع من مادة البرلي ايثلين ذات قطر داخلي ١٦,١٥ مم. كذلك وجد أن رقم رينولد يزيد من ١١٣٢٧,٢-٢٦٩٤٧,٨ عند زيادة سرعة السريان من ٠,٥٨٦-١,٣٩ م/ث لخط فرعى مصنع من مادة البولي ايثلين ذات قطر داخلي ١٨,٢ مم. وكان مدى قيم رقم رينولد في حالة السريان المضطرب للخطوط الفرعية الثلاثة. توصلت الدراسة إلى أن متوسط معامل الاحتكاك والخشونة النسبية والخشونة المطلقة وذلك لخط فرعى مصنع من مادة البولي ايثلين ذات قطر داخلي ١٣,٣٥ مم هي على الترتيب ٠,٠٣٩٠٨١، ٠,٠٠٦٣، ٠,٠٨٤ مم. كذلك أوضحت النتائج أن متوسط معامل الاحتكاك والخشونة النسبية والخشونة المطلقة وذلك لخط فرعى مصنع من مادة البولي ايثلين ذات قطر داخلي ١٦,١٥ مم هي على الترتيب ٠,٠٣٩٠٧٤، ٠,٠٠٧٣، ٠,١١٨ مم. وأيضا وجد أن متوسط معامل الاحتكاك والخشونة النسبية والخشونة المطلقة لخط فرعى مصنع من مادة البولي ايثلين ذات قطر داخلي ١٨,٢ مم هي على الترتيب ٠,٠٣٧٣٢٨، ٠,٠٠٥، ٠,٠٠٩ مم. أظهرت النتائج أن قيمة الفاقد في الضغط المقاس والمحسوب كانت عالية لأصغر قطر خط فرعى ١٣,٣٥ مم، و زيادة قطر الخطوط الفرعية يقل قيمة الفاقد في الضغط المقاس والمحسوب.

صمم برنامج حاسب آلي وذلك باستخدام نتائج التجارب العملية بغرض التنبؤ بمعامل انتظام توزيع المياه للأنابيب الدقيقة.

LIST OF CONTENTS

Title	Page
1- **INTRODUCTION**	1
2- **REVIEW OF LITERATURE**	3
2.1- Definitions	3
2.1.1- Advantages of drip irrigation	3
2.1.2- Disadvantages of drip irrigation	5
2.2- Hydraulic Characteristics of Emitters	6
2.3- Design Emission Uniformity	13
2.4- Factors Affecting Uniformity of Drip Irrigation System	15
2.5- Temperature Effect on Drip Irrigation	17
2.6- Emitter Manufacture's Coefficient of Variation	21
2.7- Determination of Head Loss along the Drip Irrigation	22
2.8- Hydraulic Friction Factor for Pipe Flow	30
2.9- Clogging Effect on Drip Irrigation	33
3- MATERIALS and METHODS	35
3.1- Materials	35
3.1.1- Expcrimental Installation	35
3.1.2- Water source	36
3.1.3- Drip flow rate laboratory test facilities	36
3.1.3.1- Functions	37
3.1.3.2- Components of apparatus	37
3.1.4- Pressure drop test facilities	39
3.1.4.1- Functions	39
3.1.4.2- Componcnts of apparatus	39
3.2- Methods	41
3.2.1- First laboratory experiments	41

3.2.1.1- Microtube size	41
3.2.1.2- Microtube length	41
3.2.1.3- Operating pressure	42
3.2.1.4- Effect of lateral diameter on microtube discharge	42
3.2.1.5- Relationship between microtube diameter and lateral diameter	42
3.2.2- Second laboratory experiments	43
3.2.2.1- Effect of Reynolds number on friction factor	43
3.2.2.2- Effect of lateral diameter on pressure drop	44
3.2.3- Measurements	44
3.2.3.1- For the First laboratory experiments	44
3.2.3.2- For the second laboratory experiments	45
3.2.4- Equation used in the procedures	45
3.2.4.1- Equations used in first procedure for the determination of microtubes discharge	45
3.2.4.1.1- Measured microtube emitter discharge rate	45
3.2.4.1.2- Empirical equation for microtube emitter	45
3.2.4.1.2.1- Basic hydraulics	45
3.2.4.1.2.2- Calculations of the empirical equation for microtube emitter	45
3.2.4.1.2.3- Limitations of the empirical equation	46
3.2.4.2- Equations used in second procedure	47
3.2.4.2.1- Friction factor	47
3.2.4.2.2- Reynolds number	47
3.2.4.2.3- Relative roughness	47
3.2.4.2.4- Flow velocity	47
3.2.5- Simple model for designing single microirrigation lateral	48
3.2.5.1- Numerical solution	49

3.2.5.1.1- Determination of the microtube discharge	49
3.2.5.1.2- Estimation of the space between microtube	49
3.2.5.1.3- Calculation of the flow rate along lateral line	50
3.2.5.1.4- Determination of the Reynolds number along lateral line	50
3.2.5.1.5- Estimation of the friction factor along lateral line	50
3.2.5.1.6- Calculation of the pressure head along lateral line	51
3.2.5.1.7- Evaluation of the Christiansen's uniformity coefficient	51
4- **RESULTS and DISCUSSION**	53
4.1- Microtube discharge	53
4.1.1- Effect of operating pressure on microtube discharge	53
4.1.2- Effect of microtube length on microtube discharge	70
4.1.3- Effect of microtube diameter on microtube discharge	79
4.1.4- Effect of lateral diameter on microtube discharge	84
4.1.5- Effect of relationship between microtube diameter and lateral diameter on microtube discharge	90
4.2- Friction factor in polyethylene pipe	104
4.2.1- Effect of Reynolds number on friction factor	104
4.2.2- Effect of lateral diameter on pressure drop	105
4.3- Simple model for designing single microirrigation lateral	112
4.3.1- Determination of the microtube discharge	112
4.3.1.1- Microtube length	114
4.3.1.2- Microtube diameter	115
4.3.1.3- Lateral diameter	118
4.3.1.4- Lateral length	124
4.3.1.4.1- Relationship between lateral length and microtube discharge for different microtube diameters	124
4.3.1.4.2- Relationship between lateral length and microtube discharge for different microtube lengths	129

4.3.1.4.3- Relationship between lateral length and microtube discharge for various numbers of microtubes	131
4.3.2- Pressure head distribution	142
4.3.2.1- Microtube diameter	142
4.3.2.2- Microtube length	142
4.3.3- Total inlet pressure	142
4.3.3.1- Microtube length	146
4.3.3.2- Microtube diameter	147
4.3.3.3- Lateral diameter	149
4.3.3.4- Number of microtubes	152
4.3.4- Uniformity coefficient	154
4.3.4.1- Microtube length	154
4.3.4.2- Microtube diameter	157
4.3.4.3- Lateral diameter	157
4.3.4.4- Number of microtubes	160
4.3.5- Determination of friction factor for polyethylene pipe	160
5- **SUMMARY and CONCLUSION**	165
6- **RECOMMENDATIONS**	169
7- **REFERENCES**	171
APPENDICES	179
ARABIC SUMMARY	207